GUIDO TONELLI

GENEZA

MAREA POVESTE A ORIGINILOR



„Einstein se întâlnește cu Ovidiu în lucrarea fascinantă a lui Tonelli despre nașterea universului și evoluția lui.“

BOOKLIST

TREI

GUIDO TONELLI

GENEZA

MAREA POVESTE A ORIGINILOR



„Einstein se întâlnește cu Ovidiu în lucrarea fascinantă a lui Tonelli despre nașterea universului și evoluția lui."

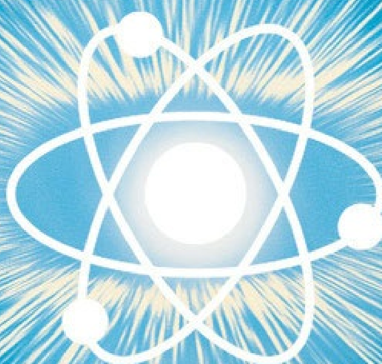
BOOKLIST

TREI

GUIDO TONELLI

GENEZA

MAREA POVESTE A ORIGINILOR



„Einstein se întâlnește cu Ovidiu în lucrarea fascinantă a lui Tonelli despre nașterea universului și evoluția lui."

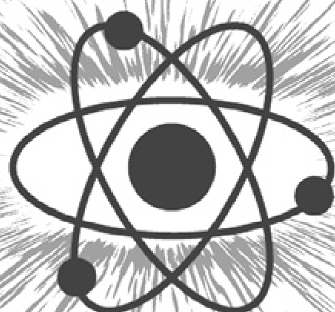
BOOKLIST

TREI



MAREA POVESTE
A ORIGINILOR

GUIDO TONELLI



GENEZA

MAREA POVESTE A ORIGINILOR

Traducere din limba italiană de
Cerasela Barbone

3
TREI

Editori:

Silviu Dragomir

Vasile Dem. Zamfirescu

Director editorial:

Magdalena Mărculescu

Redactare:

Andreea Tudose

Design și ilustrație copertă:

Andrei Gamarț

Director producție:

Cristian Claudiu Coban

Dtp:

Gabriela Anghel

Corectură:

Rodica Crețu

Irina Mușătoiu

First published as Genesi by Guido Tonelli in May 2019 by Giangiacomo Feltrinelli Editore, Milano

Titlul original: Genesi

Autor: Guido Tonelli

O.P. 16, Ghișeul 1, C.P. 0490, București

Tel.: +4 021 300 60 90 ; Fax: +4 0372 25 20 20

e-mail: comenzi@edituratrei.ro

www.edituratrei.ro

ISBN (print): 978-606-40-1179-4

ISBN (epub): 978-606-40-1402-3

Pentru micul Iacopo

Pentru micul Jacopo

La poesia si serve, disperatamente “1

„La poesia ci serve, disperatamente."[*]

Autor anonim al unei inscripții pe zidul unei străduțe din centrul orașului Palermo, octombrie 2018

„Toate suferințele pot fi îndurate dacă sunt inserate într-o poveste sau dacă se spune o poveste despre ele."

Isak Dinesen

„Să prinzi rădăcini este probabil nevoia cea mai importantă și mai puțin recunoscută a sufletului uman."

Simone Weil

De poezie avem cu disperare nevoie. (N.t.)

Prolog

— Domnule profesor, ce mai faceți? Pot să vă pun o întrebare? Am înțeles bine că încă există spațiu vid? Vreau să spun, tot universul care ne înconjoară? Inclusiv Donald Trump și acționarii FCA care mă scot din minți. Foarte frumos. Genial. Dintotdeauna am știut că ar fi trebuit să studiez fizica și să las baltă tâmpeniile astea de care mă ocup de 40 de ani.

Sergio Marchionne mă sună din Statele Unite la sfârșitul rutinei lui săptămânale turbate: două zile la Maranello, în elicopterul către Torino, pentru ca apoi să zboare la Detroit, să încheie săptămâna și să o ia de la capăt. Puține variațiuni, fără pauze, fără perioade de respiro.

Totul a început în 2016, la sfârșitul lui iulie, când am fost invitat să vizitez fabrica Ferrari pentru un interviu. Pentru mine a fost un prilej să văd personal acele mici bijuterii tehnologice și să vorbesc cu tinerii tehnicieni și ingineri care acordă modelelor noi atenția aproape maniacală a bătrânilor meșteșugari. Dimineața a zburat și stăm deja la masa restaurantului unde lua prânzul Enzo Ferrari. De jur-împrejur, fotografii ale „patriarhului" și mărturii ale numeroaselor triumfuri. În timp ce se discută despre Formula 1 și despre automobilele Ferrari electrice, primesc un telefon complet neașteptat: este Sergio Marchionne, care mă întreabă dacă pot trece pe la el, pe la birou, ca să-l salut.

Urc la etajele superioare convins că mă va întâmpina un scurt salut de complezență, în schimb nici nu apuc să mă așez, că primesc din senin cea mai surprinzătoare dintre întrebări:

— Dumneavoastră, domnule profesor, credeți în Dumnezeu?

Cu un astfel de început este clar că întrevederea noastră nu avea să fie una scurtă și formală. Petrecem ora următoare vorbind despre cum s-a format universul, discutând despre ce e spațiul vid, interogându-ne în legătură cu nașterea spațiului-timp și sfârșitul lui. Marchionne își aprinde țigară după țigară, în vreme ce solicită explicații despre tot. Citesc în ochii lui curiozitate sinceră și uimire.

— As fi vrut să învăț astfel de lucruri în tinerețe. N-am fost niciodată în stare să mă confrunt cu disciplinele științifice. De asta am obținut licența în Filosofie. Apoi viața m-a dus în cu totul altă direcție.

Și îmi povestește despre adolescența lui deloc simplă din Canada și despre împrejurările, unele întâmplătoare, care l-au făcut să ajungă liderul uneia dintre cele mai importante companii din lume.

Când secretara ne anunță că șoferul care trebuie să mă însoțească la aeroport este cam agitat pentru că risc să pierd zborul de întoarcere, trebuie să ne luăm rămas-bun. Înainte să ne despărțim, Marchionne a vrut o dedicație pe La nascita imperfetta delle cose, iar eu l-am prevenit că o să-l ascult data viitoare ca să verific dacă a citit-o. Când primesc primul telefon, după vreo două săptămâni, îmi dau seama că a intrat în joc.

Încep de acum vizite frecvente care mă duc din nou la Modena după câteva luni, cu ocazia întâlnirii anuale pe care Ferrari o organizează cu managerii celor mai importanți parteneri. La cină continuăm jocul nostru cu întrebările, de data asta implicându-i și pe comeseni. Și petrecem seara discutând despre găuri negre, despre Stephen Hawking și despre unde gravitaționale. Apoi, cu puțin înainte de servirea desertului, Marchionne oprește totul și mă invită să iau cuvântul. Îmi cere să povestesc despre cum a luat naștere universul și despre descoperirea bosonului Higgs și să nu am milă:

— Dați tare în ei, domnule profesor. Vreau ca ignoranții ăștia să înțeleagă care sunt lucrurile cu adevărat importante pe lume.

La finalul serii, în timp ce mă ia de braț, îmi spune:

— Peste vreo doi ani mă retrag din toate astea și mă apuc din nou să studiez fizica. Trebuie să-mi promiteți că îmi pregătiți o scurtă listă de texte, de popularizare, dar nu prea, despre mecanica cuantică și particulele elementare, care să-mi permită să înțeleg mai bine.

Spun adesea că marile probleme pe care fizica le abordează sunt în fiecare dintre noi și că acea curiozitate primordială arde încă în sufletul oricui. Promit să-i trimit bibliografia, dar nu reușesc să-mi ascund un oarecare scepticism în privire.

— Domnule profesor, credeți-mă, o s-o fac.

Niciunul dintre noi doi nu și-a putut imagina în acel moment cât de repede aveau să fie răsturnate aceste planuri.

Introducere. Marea poveste a originilor

Când, cu aproximativ 40 000 de ani în urmă, al doilea val de Homo sapiens a venit din Africa, neanderthalienii populau deja multe regiuni ale Europei. Organizați în mici clanuri, locuiau în grote care astăzi ne restituie dovezi foarte clare ale unui univers simbolic complex. Simboluri și desene cu animale pictate pe pereți, cadavre îngropate în poziție fetală, oase și stalactite mari dispuse în cercuri ritualice. Sunt nenumărate mărturiile unei civilizații care avea, cel mai probabil, un limbaj sofisticat pe care nu-l vom cunoaște niciodată.

Este așadar posibil să ne imaginăm o poveste a originilor lumii care deja face să răsune în acele caverne, cu bătrânii care transmit celor mici — puterea cuvântului și magia memoriei — ecoul unei povești străvechi. Se vor succeda mii de generații până când Hesiod, în Teogonia, să ne lase o mărturie scrisă a acestei povești, țesând primul o legătură între poezie și cosmologie.

Acea poveste a originilor continuă până în ziua de azi, grație cuvintelor științei. Ecuațiile nu au puterea evocatoare a limbajului poetic, dar conceptele cosmologiei moderne — universul care se naște dintr-o fluctuație a spațiului vid sau din inflația cosmică — încă ne taie răsuflarea.

Totul se naște dintr-o întrebare, simplă și inevitabilă: „De unde vin toate astea?"

O întrebare care încă răsună, în orice colț al lumii, între indivizi care aparțin celor mai diferite culturi, trăsătură comună a unor civilizații aparent foarte îndepărtate. Își pun această întrebare copii și manageri, oameni de știință și șamani, astronauți și ultimii reprezentanți ai acelor mici populații de vânători-culegători care supraviețuiesc, izolate, în unele regiuni de pe insula Borneo sau în pădurea amazoniană.

O chestiune într-atât de elementară, încât îți poți imagina că ne-a fost transmisă chiar de speciile care ne-au precedat.

Miturile fondatoare și știința

Pentru triburile Kuba din Congo, universul a fost creat de Mbombo, stăpânul unei lumi întunecoase, care a vomitat Soarele, Luna și stelele pentru a scăpa de o îngrozitoare durere de stomac; conform grupului etnic Fulani din Sahel, Doondari a fost eroul care a transformat o enormă picătură de lapte în pământ, apă, fier și foc; pentru pigmeii din pădurile Africii ecuatoriale, totul s-a născut dintr-o imensă țestoasă care-și depunea ouăle, înotând, în apa primordială.

La originea majorității poveștilor mitologice există aproape întotdeauna ceva indistinct care înfricoșează: haosul, tenebrele, o întindere lichidă și fără formă, o mare ceață, un un peisaj dezolant. Până când o ființă supranaturală intervine să dea formă, să aducă ordine. Și iată că apar marea reptilă, oul primordial, eroul sau creatorul care separă Cer și Pământ, Soare și Lună și dă viață animalelor și oamenilor.

Instaurarea ordinii este o etapă necesară, pentru că stabilește regulile, pune bazele unei ritmicități care marchează viața comunităților: ciclurile zilei și nopții și alternarea anotimpurilor. Dezordinea primordială amintește teama ancestrală, groaza de a cădea pradă forțelor dezlănțuite ale naturii, fie că sunt ele sălbăticiuni feroce sau cutremure, perioade de secetă sau inundații. Dar când natura este modelată să urmeze regulile dictate de cine a adus ordine în lume, iată că fragila comunitate umană poate supraviețui și se poate reproduce. Ordinea naturală se oglindește în ordinea socială, în ansamblul de reguli și de tabuuri care definesc ce se poate face și ce este absolut interzis. Dacă grupul, tribul, poporul întreg se vor comporta conform legilor stabilite de acel pact primordial, acea împrejmuire de norme va proteja comunitatea de dezagregare.

Din mit se vor naște apoi alte structuri, care vor deveni religie și filosofie, artă și știință, discipline care se vor încrucișa și se vor fertiliza pe rând, permițând înflorirea unor civilizații milenare. Această împletire se rupe începând din momentul în care disciplinele științifice cunosc o dezvoltare plină de avânt, complet disproporționată în comparație cu celelalte. Și atunci ritmul somnolent al unor societăți neschimbate timp de secole este în mod neașteptat întrerupt de succesiunea unor descoperiri care modifică profund modul de viață al unor întregi popoare. Brusc, totul se schimbă și continuă să se schimbe cu o viteză înspăimântătoare.

Odată cu dezvoltarea științei se naște modernitatea, societățile devin dinamice și în continuă transformare, grupurile sociale intră într-o stare de agitație, clasele dominante se supun unor schimbări profunde, echilibre de putere seculare sunt răsturnate în decursul a câtorva decenii, dacă nu chiar a

câtorva ani.

Dar transformările cele mai profunde nu privesc maniera în care comunicăm sau producem bogăție, modul nostru de a ne îngriji sau de a călători. Schimbările cele mai radicale se produc încă o dată în modul nostru de a concepe lumea și, deci, de a ne poziționa, pe noi înșine. Povestea originilor care derivă din știința modernă capătă foarte repede o consistență și o unitate cu care este dificil să te întreci. Nicio altă disciplină nu poate oferi explicații mai convingătoare, verificabile și în concordanță cu zecile de mii de observații realizate de oamenii de știință.

Deși scenariul în care se mișcă omenirea pierde progresiv trăsăturile magice și misterioase care l-au însoțit timp de milenii, viziunea lumii care încet-încet se dezvoltă este cât se poate de incredibilă. Știința ne istorisește originile sub forma unei narațiuni mult mai imaginative și puternice decât poveștile mitologice. Pentru că oamenii de știință, ca să construiască această poveste, au sondat cotloanele cele mai tainice și mai mărunte ale realității, s-au aventurat în explorarea celor mai îndepărtate lumi și au fost nevoiți să se confrunte cu stări ale materiei atât de diferite în comparație cu cele obișnuite, încât mințile lor aproape că au început să șovăie.

De aici se nasc schimbările de paradigmă care definesc o epocă și modifică în manieră ireversibilă relațiile noastre. Succedarea cu repeziciune a descoperirilor științifice este cea care marchează ritmul acestei mișcări subterane, ca presiunea puternică a unei magme incandescente care deformează scoarța terestră și uneori o distruge în mod iremediabil.

Povestea despre originea universului pe care o spune știința ne condiționează deja viețile, modifică în profunzime fundamentele pe care se vor construi noi pacte sociale, deschide scenarii inedite, de oportunități și de riscuri, determină viitorul noilor generații.

De aceea istoria originilor relatată astăzi de știință trebuie să fie cunoscută de toți, așa cum se întâmpla în orice comunitate din Grecia antică, în care oricine știa care sunt miturile fondatoare ale propriului polis. Totuși, ca să faci asta, ai de trecut un mare obstacol: trebuie să te confrunți cu dificultatea limbajului științific.

O limbă complicată

Totul se naște dintr-un episod aparent marginal, întâmplat acum mai bine de patru sute de ani, care-l are ca protagonist pe un profesor de geometrie și mecanică de la Universitatea din Padova, originar din Pisa. Când Galileo Galilei începe să modifice ciudatul tub realizat de un optician olandez ca să facă din el un instrument de observație a corpurilor cerești, nu-și imaginează niciun pic de ce necazuri va avea parte; și cu atât mai puțin poate să prevadă revoluția pe care observațiile lui o vor provoca în întreaga lume.

Ceea ce Galilei vede prin acel sistem de lentile îl lasă fără cuvinte: Luna nu este acel corp ceresc perfect, descris în textele marilor autorități ale vremii, nu este compusă din materie nealterabilă, ci are munți, cratere cu marginile crestate și întinderi plane asemănătoare cu ale Pământului; Soarele are pete și se rotește în jurul axei sale; Calea Lactee este o aglomerare imensă de aștri; „micile stele“ care îl înconjoară pe Jupiter sunt sateliți asemănători cu Luna care îl orbitează.

Când, în 1610, publică toate astea în Sidereus nuncius, sau Anunțul stelar, provoacă, poate inconștient, o avalanșă care va târî după ea un sistem de credințe și valori aflat în vigoare de mai bine de 1 000 de ani și pe care nimeni nu îndrăznise niciodată să-l pună în discuție.

Odată cu Galilei se naște modernitatea: omul se eliberează de orice tutelă și rămâne solitar, înarmat doar cu propria judecată, în fața măreției universului. Omul de știință nu mai caută adevărul în cărți, nu-și înclină capul în fața principiului de autoritate, nu mai repetă formulele pe care le transmite tradiția, ci supune totul celei mai necruțătoare critici. Știința devine căutare creativă de „adevăruri provizorii“ prin intermediul unor „experiențe sensibile“ și „demonstrații necesare“.

Puterea metodei științifice constă în folosirea de conjecturi verificate cu ajutorul unor instrumente care permit observarea, măsurarea și catalogarea celor mai diferite fenomene ale naturii. Rezultatele experimentelor, cele pe care Galilei le numește „experiențele sensibile“, sunt cele care decid dacă o conjectură funcționează sau trebuie abandonată.

Pornind de la observațiile lui, se vor găsi curând dovezi incontestabile în sprijinul teoriilor „nebunești“ ale lui Copernic și Kepler, iar viziunea lumii se va schimba radical, așa încât nimic nu va mai fi ca înainte. Arta, etica, religia, filosofia, politica, totul, în fine, va ieși profund schimbat din această revoluție conceptuală care-l va pune pe om, cu rațiunea lui, în centrul tuturor lucrurilor. Răsturnările pe care noua abordare le va produce, într-un interval de timp, în fond, limitat, vor fi atât de temeinice, încât se dovedește dificil să găsești precedente.

Știința galileiană este atât de revoluționară tocmai pentru că nu-și arogă dreptul de a deține adevărul, ci caută neîncetat confirmarea previziunilor ei; o entuziasmează gândul de a face să se prăbușească brusc certitudinile dobândite până în acel moment; se autocorectează pe baza verificărilor experimentale; în fine, ca să accentueze conjecturile tot mai complexe, ajunge să exploreze cele mai secrete cotloane ale materiei și ale universului.

Din această abordare meticuloasă și deliberată se nasc concepții noi care explică fenomene echivoce și aparent marginale. Astfel, în timp ce se construiește o viziune a lumii tot mai completă și sofisticată, fenomenele naturale cele mai îndepărtate ajung să fie temeinic cunoscute, până în cele mai mici detalii, și pot fi dezvoltate tehnologii tot mai sofisticate.

Pentru a urma acest drum, prețul care trebuie plătit înseamnă folosirea unor instrumente tot mai complexe și a unui limbaj care se desprinde tot mai mult de simțul comun. Imediat ce ne îndepărtăm de mediul în care se desfășoară viața noastră cotidiană, instrumentele și aparatul conceptual care ritmează activitățile noastre obișnuite se dovedesc complet inadecvate. Când se explorează dimensiunile minuscule în care se ascund secretele materiei sau imensele spații cosmice care ne relatează originea universului, avem nevoie de echipamente foarte speciale și de ani de pregătire.

Acest lucru nu trebuie să uimească. Chiar și explorările cele mai aventuroase de pe Pământ presupun mult efort și instrumente speciale. Gândiți-vă la competițiile nautice extreme, la escaladele pe Himalaya sau la expedițiile în abisurile oceanice. De ce explorarea științifică ar trebui să fie mai simplă?

Iată că cine își dorește într-adevăr să aprecieze fizica va trebui să trudească ani de-a rândul, să studieze teoria grupurilor și calculul diferențial, să cunoască temeinic relativitatea și mecanica cuantică, să învețe teoria câmpurilor. Toate lucruri complicate, limbaj și concepte greu de stăpânit temeinic chiar și pentru cine le practică de ani întregi. Dar bariera limbajului specializat care îi împiedică pe cei mai mulți să pătrundă în miezul fremătător al cercetării științifice moderne poate fi îndepărtată ușor. Se poate folosi limbajul comun pentru a explica conceptele de bază și, mai ales, pentru a face accesibilă oricui noua viziune a lumii pe care știința o produce.

O călătorie periculoasă

Dar ca să înțelegem originea universului nostru trebuie să fim dispuși să înfruntăm o călătorie foarte riscantă. Pericolul apare din faptul că trebuie să ajungem cu mintea noastră în medii atât de diferite de cele cu care suntem obișnuiți, încât categorisirile noastre uzuale se dovedesc complet inutile. Suntem constrânși să povestim inefabilul, să ne reprezentăm inimaginabilul, luându-ne la întrecere cu toate limitele unei minți, a noastră, sapiens sapiens, care a fost un instrument foarte puternic pentru explorarea și colonizarea planetei, dar care se dovedește complet incapabilă să înțeleagă în profunzime ce se întâmplă în locuri atât de îndepărtate. La fel ca exploratorii antici, nu avem altă opțiune decât să îndreptăm prora spre orizont, acceptând riscuri și necunoscute ale navigării pe un ocean misterios.

Totuși, în cercetarea științifică este foarte importantă și întoarcerea în portul de acasă. În această privință, cercetătorul seamănă mult cu Ulise care, oriunde se află, visează mereu momentul în care va acosta în Itaca. Întoarcerea acasă înseamnă, chiar și când itinerarul nu a condus spre niciun pământ nou sau oamenii au suferit un naufragiu îngrozitor, că li se pot povesti celorlalți marinari traseele zadarnice și dificultățile periculoase ce pot fi evitate.

Pentru că știința modernă este și o mare aventură colectivă. Avem teorii și hărți care ne ghidează, dar adesea întâmplarea ne conduce în locuri complet necunoscute; avem „nave“ pregătite până în cel mai mic detaliu, dar este de ajuns să neglijezi un amănunt aparent neînsemnat și dezastrul se abate asupra noastră. Comunitatea vâslașilor noștri este una colorată și turbulentă, reunește mii de minți pătimașe, exploratori moderni răbdători și curajoși sau, dimpotrivă, rapizi precum în inventarea de noi stratageme pentru a depăși orice situație neprevăzută.

Chiar dacă scopurile cercetării noastre se apropie mult de chestiuni aproape filosofice (Din ce e făcută materia? Cum se naște universul? Ce sfârșit va avea lumea noastră?), munca fizicienilor experimentali este una dintre cele mai concrete activități care se pot imagina.

Un fizician al particulelor, unul dintre cei 10 000 de cercetători din lume care explorează comportamentul celor mai mici fărâme de materie, nu stă așezat la birou să facă socoteli, să mediteze asupra teoriilor, să imagineze particule noi. Un aparat modern pentru fizica energiilor înalte este cât o clădire cu cinci niveluri, cântărește cât un crucișător și conține zeci de milioane de senzori. Ca să inventezi și să faci să funcționeze aceste miracole ale tehnologiei, este nevoie de mii de persoane și de o muncă intensă, de o atenție „paranoică“ la detalii, care poate să dureze decenii. Ca să construiești instrumente noi, mai rafinate decât cele precedente, ca să lansezi „nave“ mai agile și rapide, petreci ani dezvoltând prototipuri,

chinuindu-te să le faci să funcționeze și apoi producându-le pe scară largă. Și chiar și când detectoare, pentru care s-a acordat, cu răbdare, atâta grijă, sunt instalate în experiment și funcționează liniștit luni în șir, trăiești mereu cu groaza catastrofei. Un detaliu neglijat, un cip defect, un conector fragil, un tub de răcire sudat în grabă pot, în orice moment, să producă daune ireparabile întregii acțiuni colective. Diferența dintre un succes științific senzațional și cel mai mare eșec stă adesea ascunsă într-un detaliu stupid și nesemnificativ.

Cele două căi ale cunoașterii

Cum se adună informații experimentale despre nașterea spațiului-timp? Cum fac oamenii de știință să studieze primele scâncete ale universului-copil? Aici intră în joc cele două căi ale cunoașterii, complet independente și total eterogene între ele.

Pe de o parte, fizica particulelor, care explorează microcosmosul. Punctul de pornire este că materia care ne înconjoară — cea care alcătuiește stânci și planete, flori și stele, pe scurt, totul, inclusiv noi — are caracteristici foarte speciale, proprietăți care nouă ni se par obișnuite, dar care sunt în realitate foarte particulare, corelate cu faptul că universul constituie o structură foarte bătrână și foarte rece. Datele cele mai recente ne spun că ceea ce numim „casa noastră“ s-a format cu aproape 14 miliarde de ani în urmă și că este vorba de un mediu într-adevăr glacial, aș spune rece la niveluri imposibile. Pentru noi, care suntem izolați pe planeta Pământ, totul pare călduț și confortabil, dar, imediat ce ieșim din cochilia protectoare a atmosferei, termometrul scade vertiginos. Dacă se măsoară temperatura unui punct oarecare din imensele spații goale care separă stelele sau din spațiul intergalactic, termometrul arată doar câteva grade peste zero absolut: minus 270 de grade Celsius. Materia universului actual, rarefiat, foarte bătrân și foarte rece, se comportă în manieră foarte diferită de cea a universului-copil, care era un obiect incandescent și cu densitate enormă.

Ca să înțelegem ce s-a întâmplat în acele prime clipe de viață, trebuie să ne folosim inteligența, să găsim un mod de a duce din nou minuscule fărâme de materie actuală la temperaturile foarte înalte ale acelor condiții originare. Trebuie să încercăm să facem un fel de călătorie înapoi în timp.

Este ceea ce se realizează cu acceleratoarele de particule. Făcând să intre în coliziune protoni sau electroni de energie înaltă, se utilizează ecuația lui Einstein: energia este egală cu masa înmulțită cu viteza luminii la pătrat. Cu cât e mai mare energia coliziunii, cu atât mai ridicată va fi temperatura locală care se va putea obține și cu atât mai mare masa particulelor care se vor putea produce și studia. Ca să atingi energiile maxime, este nevoie de aparate gigantice, ca LHC (Large Hadron Collider), marele accelerator al CERN, care se întinde pe 27 de kilometri sub pământ, aproape de Geneva.

Iată că, încălzind minuscule porțiuni de spațiu la temperaturi asemănătoare cu cele ale universului primordial, se aduc din nou la viață particule dispărute: particulele ultramasive care populau obiectul incandescent al celor dintâi momente și care au dispărut de foarte mult timp. Grație acceleratoarelor, ele apar din nou pentru o clipă din sarcofagul glacial în care parcă au hibernat și le putem studia în detaliu. În acest fel am descoperit bosonul Higgs. Am adus din nou la viață o cantitate mică de particule după un somn care dura de 13,8 miliarde de ani. Desigur, atât de căutații bosoni s-au dezintegrat imediat în particule mai ușoare, dar au lăsat urme caracteristice în detectoarele noastre. Imaginile acestor dezintegrări speciale s-au acumulat și, în momentul în care aveam certitudinea că semnalul era foarte clar pe fundal și că celelalte posibile cauze de eroare erau sub control, am anunțat lumii descoperirea.

Explorarea microcosmosului, reconstituirea de particule dispărute, studiul stărilor exotice ale materiei care populau universul primordial reprezintă una dintre cele două căi pentru a înțelege primele momente din viață ale spațiului-timp. Cealaltă cale o reprezintă supertelescoapele, instrumente mari care explorează macrocosmosul, care studiază stele, galaxii și roiuri de galaxii, încercând chiar să observe universul întreg. Și în acest caz se utilizează ecuația lui Einstein, care stabilește la c viteza luminii, aproximativ 300 000 de kilometri pe secundă: o viteză foarte mare, dar nu infinită. Iată că, atunci când se observă un obiect foarte îndepărtat, galaxii aflate la distanțe de miliarde de ani-lumină de noi ne apar nu cum sunt acum — este și dificil de definit ce înseamnă acum —, ci cum erau cu miliarde de ani în urmă, adică atunci când au emis acea lumină care abia acum a ajuns la noi.

Cu supertelescoapele, privind obiecte foarte mari și foarte îndepărtate, se pot observa „în direct“ toate fazele principale ale formării universului și se pot aduna date prețioase despre istoria noastră. În acest mod, observând primele semnale timide emise de mii de aștri noi care apar în miezul unor nebuloase de gaz enorme, se înțelege cum apar stelele: se observă cum devin dense gazul și praful în inelele de material care orbitează vreun astru nou, indiciu sigur de sisteme protoplanetare în formare. Așa a apărut Soarele nostru, așa s-au format planetele care îl înconjoară și e minunat să poți vedea toate acestea „în direct“. Mergând și mai departe, asistăm la formarea primelor galaxii, obiecte turbulente care uneori emit enorme cantități de radiație pe toate lungimile de undă, semnul evident al unor nașteri traumatice.

Cu ajutorul supertelescoapelor putem, în sfârșit, observa în ansamblul lui frumusețea universului și îi putem măsura unele proprietăți cu o precizie foarte mare. Distribuția locală a temperaturii universului e un fel de memorie incredibilă, care conține urme grăitoare despre ce s-a întâmplat în primele clipe de viață: minuscule fluctuații de temperatură ne vorbesc despre istoria noastră cea mai îndepărtată, cu un limbaj pe care am reușit de mult să-l interpretăm.

Dar lucrul cel mai uluitor este că cele două căi ale cunoașterii, bazate pe metode atât de diferite și aproape străine între ele, gestionate de două comunități complet independente, sunt întru totul coerente: datele colectate în lumea distanțelor infime ale particulelor elementare și în cea a distanțelor cosmice enorme converg, implacabil, spre aceeași poveste a originilor.

Voi, cei ce intrați, lăsați orice prejudecată

Discursul științific presupune mai ales să renunți la orice formă de prejudecată. Adevăraților exploratori nu le este teamă de neprevăzut, dimpotrivă, abia așteaptă să se afle în fața unor fenomene complet neașteptate. La fel ca argonauții mitici, care s-au îmbarcat în căutarea lânii de aur, ei pornesc mai mult din curiozitate decât pentru recompensă. Nu caută pacea interioară, dimpotrivă, le place riscul.

Când se realizează o călătorie spre originea lumii precum cea pe care ne pregătim să o facem, conceptele care ne ghidează viața cotidiană, cum sunt persistența lucrurilor, senzația de calm pe care o avem văzând armonia din jurul nostru trebuie abandonate imediat și pentru totdeauna. Nu vom mai putea să ne referim la univers folosind cuvântul cosmos, ca atunci când totul ne apărea drept un sistem ordonat și normal, pe care îl opuneam haosului, dezordinii alungate în cotloane îndepărtate și nesemnificative.

Suntem atât de condiționați de viața noastră cotidiană, de ce vedem și experimentăm în mod obișnuit în găoacea subțire și sferică în care locuim, încât devine firesc să ne imaginăm că legile care reglementează existența noastră sunt în vigoare în orice alt colț al universului. Vrăjiți de precizia cu care noaptea urmează zilei, de recurența ciclurilor lunare și a anotimpurilor, de persistența stelelor care luminează bolta cerească, ne-am imaginat că pretutindeni sunt în vigoare echilibre similare. Dar nu este așa. Dimpotrivă.

Suntem aici de puține milioane de ani, trăind existențe cu o durată infimă în comparație cu ciclurile oricărui proces cosmic relevant; locuim pe o planetă stâncoasă, călduță, bogată în apă, înconjurată și protejată de o atmosferă confortabilă și de un binevoitor câmp magnetic care, ca niște straturi magice care absorb razele ultraviolete, ne feresc de efectele devastatoare ale razelor cosmice și ale mulțimilor de particule. Soarele nostru, steaua-mamă, este una de mărime medie și se află într-o regiune foarte liniștită și destul de periferică a galaxiei care ne găzduiește. Întregul sistem solar orbitează lent, să zicem, la 26 000 de ani-lumină distanță de centrul Căii Lactee. O distanță de siguranță, căci acolo își face deja cuib o gaură neagră colosală, Sagittarius A*, un obiect greu cât patru milioane de mase solare, capabil să distrugă mii de stele în jurul lui.

Dacă observi apoi, cu atenție, fenomenele care privesc corpuri cerești aparent staționare și placide ca stelele, dai peste obiecte incredibile și descoperi că imense cantități de materie pot să se comporte în mod foarte excentric.

Așa se întâmplă cu pulsarii, obiecte tenebroase și compacte care concentrează într-o rază de aproximativ 10 kilometri masa unuia sau a doi Sori. Zeci de mii de neutroni ținuți captivi de gravitație, care îi strivește, îi comprimă și încearcă să-i fărâmițeze, în timp ce steaua se rotește vertiginos în jurul axei sale, producând uriașe câmpuri magnetice.

Ca să nu vorbim de quasari și blazari, corpuri ultramasive care vuiesc în centrul anumitor galaxii. Găuri negre cu mase disproporționate, de până la câteva miliarde de ori masa Soarelui, capabile să înghită stelele ghinioniste care sfârșesc prinse în laț de câmpul lor gravitațional colosal. Un dans macabru care se desfășoară în decursul a milioane de ani și pe care-l putem observa de pe Pământ, pentru că materia care precipită în spirală, în abis, se răsucește, se dezintegrează și ajunge să emită jeturi de energie înaltă și raze gama pe care detectoarele noastre sunt capabile să le identifice.

Aceste corpuri cerești stranii, stele neutronice și găuri negre, se află la originea teribilei catastrofe ce pare a fi această gestionare obișnuită de întregi regiuni ale „cosmosului". Dar astăzi pot fi studiate cu mare precizie, până în punctul în care le-am văzut chiar intrând în coliziune între ele și zgâlțâind spațiul-timp cu unde gravitaționale care au ajuns până la noi, la miliarde de ani-lumină distanță.

Dar pentru a înțelege cum sub aparența Cosmosului se ascunde Haosul, nu trebuie să privim atât de departe. Este suficient să observăm de aproape suprafața Soarelui. Ceea ce ne pare un astru liniștit care luminează, placid, zilele noastre, văzut de aproape devine un sistem complex și haotic, alcătuit din nenumărate reacții termonucleare, curenți de convecție, oscilații periodice de mase foarte mari și fluxuri

de plasmă proiectate de jur-împrejur de câmpuri magnetice impunătoare. În interiorul stelei noastre se desfășoară o confruntare de forțe titanice, o bătălie care durează de nenumărați ani, cu un învingător anunțat: gravitația. Care, peste câteva miliarde de ani, odată cu consumarea combustibilului nuclear, va reuși, în sfârșit, să fărâmițeze și să strivească straturile interioare, ducând steaua noastră la colaps. Nucleul central va fi comprimat, în timp ce straturile exterioare vor începe să se extindă până vor ajunge la Mercur, Venus și Pământ, făcându-le să se evapore imediat.

Asta pentru că sisteme puternic haotice, văzute de departe, pot apărea ordonate și normale. Și același lucru se întâmplă la extrema cealaltă a observațiilor, în microcosmos.

Dacă observi de foarte aproape cea mai lucioasă și netedă suprafață, dai numaidecât peste dansul haotic al componentelor elementare ale materiei, care fluctuează, oscilează, interacționează și își modifică natura într-un ritm frenetic. Quarcuri și gluoni, care compun protoni și neutroni, își modifică starea neîncetat, interacționând între ei și cu zeci de mii de particule virtuale care îi înconjoară. Materia din planul microscopic urmează implacabil legile mecanicii cuantice, dominate de haos și de principiul incertitudinii. Nimic nu stă pe loc, totul fierbe într-o extraordinară varietate cromatică de stări și posibilități.

Dar când observăm numărul mare ale acestor particule, când structurile devin macroscopice, mecanismele care le reglementează dinamica capătă, într-un mod aproape magic, regularitate, persistență, ordine și echilibru. Suprapunerea unui număr foarte mare de fenomene microscopice întâmplătoare, care se dezvoltă în toate direcțiile posibile, produce stări macroscopice ordonate și persistente.

Poate că este cazul să utilizăm un concept nou pentru a descrie acest dat care pare, în mod real, structural: Haos cosmic ar putea fi oximoronul potrivit pentru a pune în relație cele două entități care în univers se aleargă una pe alta și se joacă de-a v-ați ascunselea. Este un joc pe care-l observăm când sondăm cotloanele cele mai mărunte ale lumii particulelor elementare, dar și în miezul stelelor sau al structurilor gigantice, precum galaxiile sau roiurile de galaxii.

Pentru a înțelege nașterea universului, va trebui să abandonăm, alături de multe altele, prejudecata ordinii. Vom înfrunta o călătorie ghidată doar de imaginație, care va recurge la concepte într-atât de îndrăznețe, încât cea mai plină de fantezie poveste SF se va dovedi banală. Va fi o călătorie care ne va face să cunoaștem teorii care sunt pe cale să schimbe pentru totdeauna viziunea noastră despre lume și, în cele din urmă, poate vom descoperi că am devenit noi înșine diferiți în comparație cu ce eram la început.

Puneți-vă centurile de siguranță, ne pregătim de plecare.

La început era spațiul vid

La început era spațiul vid: iată, ce-a fost mai greu s-a terminat, am dat imediat răspunsul la cea mai dificilă dintre întrebări: ce era înainte de Big Bang.

La rigoare, problema n-ar fi bine pusă. Așa cum vom vedea puțin mai încolo, spațiul-timp intră în scenă împreună cu masa-energie, deci nu există un înainte, nu există un orologiu care să bată ritmul în afara universului care trebuie încă să se nască. Și totuși, în planul narațiunii, putem ignora această dificultate logică și merge la esență.

Să acceptăm paradoxul de a ne întreba ce era înainte să se nască timpul, să ne imaginăm că suntem în non-locul din care urma să izvorască tot spațiul; să ne închipuim noi, ființe materiale, că avem nevoie de aer să respirăm și de lumină să vedem, că suntem deja prezenți acolo, când încă nu există urmă de materie, nici de energie, așteptând să asistăm la nașterea a tot, și că am putea vedea cu ochii noștri acest proces.

În fața noastră se întinde spațiul vid, un sistem fizic foarte ciudat care, în ciuda numelui, sincer vorbind, înșelător, este cu totul altceva decât spațiu vid. Legile fizicii îl umplu de particule virtuale care apar și dispar în ritmuri demente, înghesuie în el câmpuri de energie ale căror valori în jurul lui zero fluctuează continuu. Oricine poate împrumuta energie de la marea bancă a spațiului vid și duce o existență cu atât mai efemeră cu cât este mai mare debitul creat.

Din acest sistem, din aceste fluctuații, poate apărea un univers material care, în realitate, este de sine stătător, încă un spațiu vid, dar un spațiu vid care a suferit o metamorfoză incredibilă.

Un univers gigantic în expansiune

Astăzi reușești cu greu să nu zâmbești în fața imaginilor naive pe care cei mai buni oameni de știință din diverse epoci le-au produs înainte să aibă la dispoziție telescoapele moderne.

Cuvântul univers conține rădăcinile latine ale lui unus — unu — și versus — participiul trecut de la vert re — a se îndrepta spre ceva. Îl utilizăm ca sinonim pentru tot, chiar dacă semnificația literală ar fi „ceea ce este îndreptat în întregime în aceeași direcție“, conținând o rămășiță a credințelor antice care au toate de-a face cu un sistem stabil și ordonat de corpuri în rotație. Această prejudecată reunește concepțiile antice ale lui Aristotel și Ptolemeu cu modelele mai moderne ale lui Copernic și Kepler.

Universul geocentric și cel heliocentric sunt complet diferite din punct de vedere conceptual. Timp de aproape 2 000 de ani, oamenii de știință de pe întreaga planetă s-au lansat în calcule și dispute interminabile despre mișcarea uimitoarelor sfere concentrice care găzduiau Luna, Soarele, planete și stele fixe. Apoi, dintr-odată, această viziune despre lume s-a prăbușit.

Scoaterea Pământului din centrul lumii nu a fost un detaliu. Pentru societatea secolului al XVII-lea a implicat un teribil șoc cultural, filosofic și religios. Din acel moment, lumea n-a mai fost la fel. Totuși, dacă privim lucrurile de la o anumită distanță, cele două sisteme ce par atât de ireconciliabile, încât s-a vărsat sânge în numele lor, au o structură foarte asemănătoare. Ambele descriu un univers imuabil, staționar, o mașină perfectă care garantează o rotație armonioasă, perenă, iar ceea ce o face să funcționeze este „iubirea ce rotește sori și stele“ sau forța gravitațională a lui Galilei și Newton. Ambele sunt din aceeași substanță. substanța nu se modifică.

Această prejudecată a unui univers etern și constant, perfect și deci identic cu el însuși ab initio, ajunge până aproape în zilele noastre. Este uimitor s-o regăsești, la începutul secolului XX, chiar în primele formulări ale cosmologiei relativiste.

În 1917, Albert Einstein, dezvoltând consecințele propriei teorii a relativității generale, postulează un univers omogen, static, curbat spațial. Masa și energia deformează spațiul-timp și ar tinde să-l facă să ajungă, prin colaps, un punct, dar, dacă se adaugă la ecuație un termen pozitiv care compensează tendința spre contracție, sistemul rămâne în echilibru. Începutul cosmologiei moderne se naște cu acest neajuns. Pentru a evita sfârșitul catastrofal al universului, care în mod necesar s-ar fi produs doar în prezența gravitației, se inventează un termen arbitrar. Din dorința de a se păstra prejudecata stabilității și a persistenței în vigoare de milenii și care, în mod evident, îl făcuse și pe el prizonier, Einstein introduce forțat ceea ce numim „constanta cosmologică“, un fel de energie a spațiului vid, pozitivă, care tinde să împingă totul spre exterior și care s-ar opune deci atracției gravitaționale, garantând stabilitatea

întregului.

Astăzi, când știm că universul este compus din sute de miliarde de galaxii, este impresionant să constați că în primii 20 de ani ai secolului trecut oamenii de știință ai epocii — și printre ei unele dintre cele mai strălucite minți ale tuturor timpurilor — încă mai credeau că totul era alcătuit doar din Calea Lactee. Lenta mișcare concentrică a corpurilor acestei galaxii putea sugera așadar ideea unui univers ca sistem staționar, armonios și ordonat. Foarte curând, toate acestea vor fi puse iarăși în discuție de noi observații, dar ruptura radicală față de vechile concepții va fi anticipată de intuiția genială a unui tânăr om de știință belgian.

În 1927, Georges Lemaître are 33 de ani, este preot catolic, a absolvit Astronomia la Cambridge și își finalizează doctoratul la Massachusetts Institute of Technology (MIT). Tânărul om de știință se află printre primii care înțeleg că ecuațiile lui Einstein pot descrie și un univers dinamic, un sistem cu masă constantă, dar în expansiune, cu alte cuvinte a cărui rază crește odată cu timpul. Când își prezintă ideea colegului mai în vârstă și cu mai multă autoritate, comentariul lui Einstein este dur: „Calculele dumitale sunt corecte, dar fizica dumitale e abominabilă". Este atât de înrădăcinată prejudecata milenară de a concepe universul ca pe un sistem staționar, încât chiar și mintea cea mai flexibilă și plină de imaginație a timpului refuză ideea că acesta poate fi în expansiune și că totul a avut, prin urmare, un început.

Va fi nevoie de ani de discuții și de confruntări feroce înainte ca această noutate extraordinară să se afirme printre oamenii de știință; și va trebui să treacă și mai mult timp ca să devină de domeniu public.

Cheia succesului este sugerată de același Lemaître care, în articolul în care propune noua lui teorie, indică valoarea vitezei radiale a nebuloaselor extragalactice.

În acei ani atenția astronomilor se concentra pe acele obiecte ciudate, asemănătoare cu norii, despre care își imaginau că sunt grupuri de stele agregate cu aglomerări de praf sau gaz. Astăzi știm că sunt galaxii, fiecare conținând miliarde de stele, dar telescoapele epocii nu erau în stare să distingă prea multe detalii.

Pentru a calcula cu ce viteză se mișca o stea sau un corp luminos generic, astronomii învățaseră demult să utilizeze efectul Doppler. Același fenomen pe care îl putem experimenta cu undele acustice emise de sirena unei ambulanțe este valabil pentru undele luminoase. Când sursa se îndepărtează, frecvența undelor pe care le primim se reduce: sunetul sirenei devine mai grav, așa cum culoarea luminii vizibile virează spre roșu. Analizând spectrul de frecvențe luminoase emise de diverse corpuri cerești, se poate măsura pentru fiecare dintre ele această deplasare spre roșu, red shift, obținându-se viteza radială cu care se îndepărtează.

Dar nu era ușor să măsori distanța acestor formațiuni și să înțelegi, deci, dacă se află în interiorul galaxiei noastre sau nu.

Soluția a fost găsită de Edwin Hubble, un tânăr astronom care lucra la Observatorul Mont Wilson, în California, echipat la vremea aceea cu telescopul cel mai puternic din lume.

Tehnica utilizată se baza pe folosirea cefeidelor, stele care pulsează cu luminozitate variabilă. Când Hubble își începe munca, trecuseră câțiva ani de la moartea Henriettei Swan Leavitt, una dintre primele femei astronom americane, o tânără care a contribuit enorm în acest domeniu de cercetare fără să primească, cum se întâmplă adesea în aceste cazuri, recunoașterea cuvenită. Într-adevăr, la începutul secolului XX, era considerat de neconceput ca o femeie să utilizeze un telescop și foarte puținele tinere femei active în știință erau angajate ca asistente. Lui Leavitt i-a fost încredințat rolul complet secundar și prost plătit de computer uman: treaba ei, așadar, consta în analizarea, una după alta, a mii de plăci fotografice conținând imagini captate cu ajutorul telescoapelor și notarea caracteristicilor stelelor și ale obiectelor cerești. În particular, i-a fost încredințată sarcina de a măsura și de a clasifica strălucirea aparentă a stelelor.

Tânăra femeie astronom și-a concentrat studiile asupra stelelor cu strălucire variabilă aparținând Micului Nor al lui Magellan, nebuloasă despre care, la acea vreme, se credea că face parte din galaxia noastră. Observația genială a lui Leavitt a fost că stelele mai luminoase erau și cele care aveau perioada de pulsație cea mai lungă. Odată stabilită această corelație, se putea obține o estimare a luminozității absolute a unei stele, lucru care ar fi permis măsurarea distanței. Strălucirea unui obiect variază cu inversul pătratului distanței de la observator, deci cunoscând puterea luminoasă absolută a prototipului de referință, este de ajuns să măsori strălucirea aparentă pentru a obține distanța.

Leavitt a măsurat relația dintre luminozitate și perioadă a cefeidelor din Micul Nor al lui Magellan și, presupunând că stelele se află mai mult sau mai puțin la aceeași distanță, a putut să construiască scara de luminozitate intrinsecă pornind de la cea aparentă înregistrată pe plăci.

Grație intuiției incredibile a unei femei astronom tinere și geniale, au fost puse la dispoziție lumânări standard, adică surse luminoase cu putere cunoscută, prin intermediul cărora era posibil să obții o măsurare absolută a distanței.

A fost ceea ce a făcut Hubble, care a utilizat cefeidele nebuloasei Andromeda pentru a ajunge la concluzia

că aceste corpuri cerești se aflau la distanțe prea mari pentru a fi parte din galaxia noastră, Calea Lactee.

Lemaître cunoaște primele măsurători efectuate de Hubble, care nu doar plasau aceste nebuloase în afara galaxiei noastre, dar le atribuiau viteze impresionante de îndepărtare. Teoria lui despre universul în expansiune permite explicarea acestor observații noi cu condiția să se accepte ideea că este vorba de un sistem enorm, colosal mai mare decât cel conceput până atunci. O structură gigantică în care sunt prezente nenumărate galaxii asemănătoare cu a noastră, în care totul se îndepărtează de tot.

După ce Pământul fusese așezat timp de milenii în centrul universului și se acceptase cu greu ideea că planeta noastră este una dintre multele care se rotesc în jurul Soarelui, se prăbușește brusc și ultima iluzie. Sistemul solar și draga noastră Cale Lactee nu ocupă niciun loc special. Suntem o componentă nesemnificativă a unei galaxii anonime, una din nenumăratele care populează, cu zecile de mii, universul întreg. Ca și cum asta nu ar fi de ajuns, întregul sistem evoluează în timp: ca toate lucrurile materiale, a avut un început și va avea, probabil, și un sfârșit.

Big Bang

Intuiția lui Lemaître, confirmată de măsurătorile lui Hubble, va pune bazele noii viziuni asupra lumii. În articolul lui original în franceză, preotul-astronom îndrăznise să prevadă o relație de strânsă proporționalitate între distanță și viteza de recesiune a obiectelor astronomice. Dacă ideea lui despre universul în expansiune ar fi fost corectă, galaxiile mai îndepărtate ar fi trebuit să se îndepărteze de noi cu viteză mai mare, adică ar fi prezentat un red shift mai mare. Și este chiar rezultatul pe care l-a obținut Hubble, pe măsură ce catalogul lui de observații devenea tot mai bogat. Dar intuiția lui Lemaître a fost mult timp ignorată, pentru că revista belgiană în care publicase articolul nu era difuzată pe scară largă. Din acest motiv, până cu foarte puțin timp în urmă, lumea științifică a numit întotdeauna această corelație „legea lui Hubble“. Grație unei sârguincioase munci de reconstituire, contribuția omului de știință belgian a fost în sfârșit recunoscută. A fost nevoie de aproape o sută de ani, dar astăzi relația care a permis să se stabilească natura dinamică a universului se numește, așa cum trebuie, „legea lui Hubble-Lemaître“.

La începutul anilor 1930, în fața marii cantități de observații experimentale, și Einstein va sfârși prin a-și abandona scepticismul inițial. Legenda spune că, recunoscând cu greu că preotul belgian și astronomul american aveau dreptate, marele om de știință ar fi regretat că nu înțelesese mai devreme: „Constanta cosmologică a fost cea mai mare greșeală pe care am comis-o în viața mea“.

Pornind de la o stare inițială în rapidă expansiune, nu era nevoie de introducerea acestei corectări ad-hoc, care de altfel a și dispărut pentru mai multe decenii din ecuația fundamentală a cosmologiei. Printr-o ironie a sorții, situația se va răsturna în a doua jumătate a secolului XX, când, odată cu descoperirea energiei întunecate, a fost nevoie să fie introdus iarăși acel termen care îl chinuise mult pe creatorul lui.

Primul care a sugerat că expansiunea universului ar putea, în realitate, să accelereze a fost tot Lemaître care, nu întâmplător, a lăsat în ecuație constanta cosmologică a lui Einstein, deși cu o valoare foarte mică. Lemaître descria nașterea universului ca un proces întâmplat în urmă cu 10–20 de miliarde de ani, pornind de la o stare inițială pe care o numea atom primordial. Ipoteza lui punea alături de teoriile științifice cele mai avansate ale momentului numeroase povești mitologice care făceau ca totul să-și aibă originea într-un fel de ou cosmic, dar stabilea pentru prima dată acea legătură între microcosmos și macrocosmos care se va dovedi extrem de fructuoasă în deceniile următoare.

Încă de când a fost formulată, noua teorie a stârnit multă perplexitate. Opinia publică mondială era ocupată cu alte treburi: Marea Criză din 1929, apariția fascismului și a nazismului în Europa și numeroasele semne că lumea întreagă se prăbușea într-un alt conflict mondial. Chiar și în mediile științifice scepticismul față de noua ipoteză cosmologică era foarte puternic. Nu puțini oameni de știință cu autoritate refuzau să accepte ideea unui început al spațiului-timp, a unei nașteri a universului. Lucrul acesta semăna exagerat de mult cu Geneza biblică, cu conceptul de creație apărat de diverse religii. Ca și cum n-ar fi fost de ajuns, cel care a susținut primul noua teorie fusese un om de știință-preot, în plus romano-catolic.

Ideea unui univers etern, a unei stări staționare divine și perene, pe care Aristotel o susținuse primul, încă îi fascina pe mulți oameni de știință. Unul dintre cei mai cunoscuți era Fred Hoyle, un astronom britanic care considera pur și simplu respingătoare teoria propusă de Lemaître și a rămas fidel propriilor idei până la moarte, în 2001. El a fost cel care, într-o emisiune radio a BBC din 1949, a născocit primul expresia — în ochii lui depreciativă — „teoria Big Bang“. Printr-o ironie a sorții, imaginea marii explozii, care în intențiile lui Hoyle ar fi trebuit să ridiculizeze acea teorie cosmologică, a ajuns să pătrundă atât de adânc în imaginarul colectiv, încât a contribuit considerabil la succesul ei.

Știința sovietică a fost unul dintre bastioanele celor mai tenace opozanți. Decenii la rând, oamenii de

știință din URSS au înfierat Big Bangul ca teorie pseudoștiințifică și idealistă care postula un fel de creație, prea asemănătoare cu cea descrisă de religie ca să nu trezească suspiciuni. Pentru ei nu conta deloc că Lemaître păstrase întotdeauna complet separate mediul științei de cel al credinței, într-atât încât să reacționeze cu oroare când, în 1951, Pius al XII-lea nu rezistase tentației de a face aluzie la Big Bangul descris de oamenii de știință ca la momentul biblic al creației. Era încercarea Papei de a transmite un fel de validare științifică a creaționismului pentru a întări fundamentele raționale ale credinței, încercare pe care Lemaître a contestat-o cu putere.

Încă o dată, rezultatele experimentale au fost cele care au determinat succesul definitiv al teoriei Big Bangului. Printre dezvoltările teoretice ale noii ipoteze cosmologice existase, în jurul anilor 1950, previziunea unei radiații răspândite în întreg universul, un fel de unde fosile, reziduuri ale momentului în care fotonii se separaseră în mod implacabil de materie pentru a continua să fluctueze pretutindeni în jurul nostru. Mai exact, unde electromagnetice foarte slabe, întinse pe miliarde de ani de expansiunea spațiului-timp, o energie ușoară care ar fi dat spațiului vid interstelar o temperatură caracteristică de câteva grade Kelvin.

Descoperirea senzațională a fost făcută aproape din întâmplare, în 1964, de astronomii americani Arno Penzias și Robert Wilson. Cei doi se chinuiseră săptămâni la rând să pună din nou în funcțiune o antenă pe care voiau s-o folosească pentru observații de radioastronomie în regiunea microundelor, dar nu reușiseră să elimine un semnal supărător care părea să provină din toate direcțiile. Presupuseseră inițial că era vorba despre o interferență datorată unei stații radio care transmitea în împrejurimile laboratorului; apoi se gândiseră la perturbații electromagnetice corelate cu diverse activități din apropiatul New York; după ce au verificat că nu există legătură nici măcar cu perechea de porumbei care-și făcuse cuib pe antenă, acoperind o parte a aparatului cu material dielectric alburiu, mai prozaic spus găinaț de porumbel, s-au declarat învinși și au publicat rezultatele într-o scrisoare scurtă. Descoperirea fondului de microunde cosmice (Cosmic Microwave Background, CMB), care provenea din toate direcțiile, împreună cu observația că universul avea o temperatură de câteva grade Kelvin, adică aproximativ -270 de grade Celsius, marcau succesul de-acum indiscutabil al noii teorii. Penzias și Wilson înregistraseră ecoul Big Bangului, mama tuturor catastrofelor, evenimentul primordial, dovada că totul începuse cu 13,8 miliarde de ani în urmă.

Un univers care se naște din spațiul vid

În realitate, chiar și în anii celui mai mare succes al său, când deja termenul intrase în limbajul comun și despre Big Bang se vorbea în emisiuni televizate sau în benzi desenate pentru copii, printre oamenii de știință continuau să circule îndoieli.

Deși măsurători tot mai precise ale CMB adăugau la puzzle piese tot mai convingătoare, rămânea de rezolvat o chestiune de bază. În fine, teoria tradițională a Big Bangului ascundea o uriașă problemă: dacă universul s-a născut dintr-un punct în care s-au concentrat o energie și o masă colosale, un sistem extrem de dens și de cald care se extinde impetuos, ce fenomen fizic concentrase în acel punct toată această abundență? Din anumite puncte de vedere, este aceeași întrebare la care se referă, în manieră jucăușă, Italo Calvino în scurta lui povestire Totul într-un punct, în Cosmicomicării: „Fiecare punct al fiecăruia dintre noi coincidea cu fiecare punct al fiecăruia dintre ceilalți într-un punct unic care era acela în care stăteam cu toții”.[2] O sugestie similară îi servise drept sursă de inspirație lui Jorge Luis Borges, cu ani în urmă, pentru minunatul său Aleph. Povestirea are ca titlu prima literă din alfabetului ebraic, care indică și numărul primordial ce conține toate celelalte numere, pentru a relata despre o mică și misterioasă sferă în care se putea vedea un univers întreg.

În fine, în spatele unei teorii de-acum afirmate se ascundea o chestiune enormă: ce mecanism putea duce la această condiție excepțională, un punct adimensional, cu densitate și curbură infinite, adică cea pe care fizicienii o numesc o singularitate?

În principiu, o soluție simplă, intrinsec elegantă, putea fi ușor de obținut. Aceleași ecuații care descriau o expansiune căreia i se opunea atracția gravitațională puteau fi utilizate pentru procesul invers, adică o contracție imposibil de oprit care ar fi putut duce inevitabil la Big Crunch, marea implozie.

În condiții stabilite, expansiunea universului poate fi încetinită de atracția gravitațională care implică materie și energie, până o anulează complet pentru a da apoi naștere unei faze succesive de contracție. În acest caz, lent, dar implacabil, ar crește concentrarea galaxiilor în interiorul roiurilor și ar crește pretutindeni, în orice colț al universului, atât densitatea materiei, cât și temperatura medie. Și astfel totul ar sfârși prin a face loc unor noi concentrări enorme de găuri negre, radiație și materie ionizată care n-ar putea decât să ducă la un colaps catastrofal într-o regiune de dimensiuni tot mai mici, virtual punctiformă. Și iată singularitatea care va sta la originea unui alt Big Bang din care se va naște un nou univers, inel al unui lanț infinit de evenimente de expansiune și contracție. Răgazul unui acordeon imens

care își construiește diferitele melodii pe cicluri temporale de zeci de miliarde de ani.

Ipoteza de a extinde la universul material acest ciclu de viață, moarte și renaștere, fără început, nici sfârșit, ar aminti unele concepte comune multor filosofii orientale. Universul însuși i s-ar supune lui Sams ra, roata existenței care ține captive ființele vii în această serie de nenumărate reîncarnări. O soluție simetrică și elegantă care ar fi avut meritul să rezolve cu ușurință aparenta încălcare a legii conservării energiei: cine a concentrat în singularitate întreg universul?

Această posibilitate de a ieși din impas s-a manifestat câteva decenii, dar și-a pierdut consistența când astronomii și astrofizicienii au reușit să ofere măsurători mai precise ale vitezei de deplasare a galaxiilor și a radiației cosmice de fond, noi rezultate care au dus la transformarea cosmologiei într-o știință de precizie.

Se înțelesese de mult că stelele ne spun povestea lor folosind un limbaj mult mai bogat și articulat decât cel cel pe care ni-l imaginasem. Foarte curând, celor mai puternice telescoape optice li s-au alăturat antene parabolice gigantice orientate în direcția profunzimii spațiului, urechi colosale ciulite să asculte semnale radio provenind de la stele necunoscute sau emise de galaxii îndepărtate: radioastronomia. S-au descoperit astfel familii întregi de noi surse, obiecte misterioase care lansează semnale radio caracteristice și pentru care sunt alese nume exotice, ca pulsar sau quasar. Va fi nevoie de decenii de cercetări pentru a înțelege că în spatele unora dintre aceste fenomene se află noi stări de agregare ale materiei: forța de gravitație care vuiește în miezul corpurilor cerești mai masive fărâmițează materia în componentele ei cele mai mărunte, producând densitățile colosale ale stelelor neutronice sau ale găurilor negre.

Evidența că din cosmos se revarsă peste noi fotoni cu toate lungimile de undă, de la zeci de metri ale undelor radio la distanțele subatomice ale razelor gama, forma cea mai plină de energie a luminii, i-a îmboldit pe oamenii de știință să construiască aparate tot mai sofisticate, pe pământ sau lansate pe orbita terestră, capabile să înregistreze întregul spectru al undelor electromagnetice. S-au construit hărți tot mai precise ale cosmosului și ale nenumăratelor lui surse de radiație pe toate frecvențele. Volumul impresionant de măsurători a permis studierea universului în ansamblul lui, ca un sistem fizic pe care-l poți supune cercetării, și răspunsul la întrebările tipice ale acestor cazuri: ce energie totală are? Și ce valoare au impulsul, momentul unghiular și sarcina electrică totală?

Treptat, datele devin tot mai precise și se reduc erorile măsurătorilor, iar tabloul care rezultă prezintă aspecte surprinzătoare. Datele ne spun că expansiunea universului nu se va opri, nimic nu ne arată că-și va inversa galopul pentru a ajunge la Big Crunch. Densitatea medie a universului nu este suficientă cât să depășească acea valoare critică dincolo de care ar domina gravitația. Trebuie așadar abandonată ideea atât de seducătoare a universului ciclic și astfel avem din nou problema explicării singularității inițiale.

Dar iată că apare în mod neașteptat și din senin o soluție și mai elegantă: universul se dovedește extrem de aproape de condiția de totală omogenitate și izotropie. Incredibila uniformitate a radiației cosmice de fond ne spune că universul nu are o curbură apreciabilă; distribuția unghiulară a acestei radiații ne spune că spațiul urmează legile geometriei euclidiene: o rază luminoasă, care traversează o regiune a universului neperturbată de masă și de energie, călătorește în linie dreaptă. Este ceea ce se numește un univers plat, a cărui curbură este nulă. Și, pentru că distribuția de masă și de energie ale universului sunt intrinsec legate de curbura spațiului și de geometria acestuia, conform legilor stabilite de relativitatea generală, iată că se poate ajunge la concluzia uluitoare că un univers plat ca al nostru este un sistem cu energie totală nulă.

Cu alte cuvinte, energia pozitivă datorată masei și energiei prezente în univers și cea negativă datorată câmpului gravitațional se anulează. Dacă cineva ar încerca să calculeze energia totală a sistemului univers, ar trebui să înceapă să transforme în energie masa tuturor stelelor galaxiei noastre și să multiplice rezultatul cu 100 de miliarde de galaxii; ar trebui să adauge apoi energia întunecată și pe cea datorată materiei întunecate, despre care vom vorbi pe larg mai târziu, și, în fine, ar trebui să transforme în energie toate formele de materie și de radiație care hoinăresc prin univers: gaz intergalactic și fotoni, neutrini și raze cosmice, până la undele gravitaționale. Rezultatul final al acestui calcul ar fi în mod sigur un număr pozitiv foarte mare.

Acum, înarmați cu răbdare, ar trebui să luăm în considerare contribuția la energia totală datorată câmpului gravitațional, care este o contribuție negativă. Forța de atracție dintre două corpuri, fie că sunt Pământul și Soarele fie că sunt două galaxii îndepărtate, produce un sistem legat, adică cele două corpuri rămân captive într-un sistem cu energie potențială negativă; ca să eliberezi una dintre cele două componente, este nevoie să furnizezi energie pozitivă, în mod caracteristic energie cinetică, adică să accelerezi unul dintre cele două corpuri până îl faci să atingă viteza de evadare, acea valoare care ar permite să ajungă la distanțe potențial infinite, sustrăgându-se astfel definitiv atracției gravitaționale a partenerului. Este ceea ce se întâmplă când vrem să lansăm de pe Pământ un satelit de explorare la frontierele sistemului solar.

Pentru că gravitația acționează asupra întregii distribuții de masă și energie a universului, numărul negativ care se obține din totalitatea stărilor legate este și el gigantic.

Acum nu rămâne decât să facem diferența între cele două numere, ambele colosal de mari, și rezultatul este uluitor: compatibil cu zero. În fine, energia totală a sistemului univers este aceeași pe care o are sistemul vid.

Toate acestea nu pot fi o pură coincidență. Cu atât mai mult când ceva asemănător are loc pentru sarcina electrică totală a universului, pentru impulsul lui și pentru momentul unghiular. Toate în mod riguros compatibile cu zero. Recapitulând, universul are energie nulă, cantitatea de impuls nulă, moment unghiular nul, sarcină electrică nulă: toate caracteristici care îl fac să semene izbitor cu starea de spațiu vid. În acest punct, oamenii de știință se dau învinși: „Pare o rață, merge ca o rață, fâlfâie din aripi ca o rață: pentru noi, e o rață“.

În fine, datele observaționale cele mai sofisticate și complete care au fost colectate până acum ne spun în manieră coerentă că misterul originii universului se ascunde în ipoteza cea mai simplă, care de altfel rezolvă dintr-odată chestiunea care părea să facă nesigură ipoteza Big Bangului. Într-un univers cu energie totală nulă nu este nevoie de niciun mecanism straniu care să concentreze în singularitatea inițială enorme cantități de materie și de energie, deoarece în acest punct era energie nulă, iar sistemul care a izvorât din el și pe care noi îl numim univers are tot energie nulă. Fizicianul și cosmologul Alan Guth, unul dintre primii susținători ai acestei teorii, îl definește ca pe cel mai bun exemplu al unui imens prânz gratuit produs de vidul cuantic.

Că universul întreg provine din spațiu vid sau, mai bine spus, că încă este pur și simplu o stare de vid care a suferit o metamorfoză pare să fie ipoteza cea mai convingătoare a cosmologiei moderne; sau cel puțin cea mai potrivită cu șirul infinit de observații colectate până acum.

Spațiu vid sau nimic?

Dar ce este spațiul vid? Mulți identifică spațiul vid cu nimicul. Nici că se poate ceva mai greșit. Nimicul este un concept filosofic, o abstracțiune, acel contrariu ireductibil al ființei pe care nimeni n-a știut să o definească mai bine decât Parmenide: „Ființa este și nu poate să nu fie, în vreme ce Neființa nu este și nu trebuie să fie“.

Nimicul-spațiu vid amintește de spaime ancestrale precum coșmarul obișnuit și recurent al căderii în puțul fără fund; vacuitatea este sinonimă cu valoarea negativă: un suflet gol, un discurs gol. Asocierea conceptului de vid cu nimicul se naște și prin asonanța inevitabilă, pentru cine aparține culturii occidentale, între teoria cosmologică a unui univers care se naște din spațiu vid și conceptul iudeo-creștin al creației lumii ex nihilo, din nimic. În realitate, așa cum vom vedea imediat, este vorba despre concepte aproape opuse; spațiul vid ca sistem fizic este, din anumite puncte de vedere, contrariul nimicului.

Conceptul de spațiu vid are în schimb multe puncte de contact cu zero. Termenul vine din latinescul zephirum, care apare pentru prima dată în Occident în 1202. Marele matematician Leonardo Fibonacci, într-o scriere a lui, traduce în acest mod în latină cifra arabă sifr, care înseamnă întocmai zero sau gol, deși în echivalentul latin răsună mitul grec al lui Zefir, adierea ușoară care vestește primăvara.

În arabă se păstrase semnificația originară a termenului care indica numărul zero, introdus de indieni, care îi spuneau sunya, adică gol. Aceeași rădăcină se regăsește în nyat , sau „doctrina vacuității“, concept fundamental al budismului tibetan conform căruia toate corpurile materiale sunt în realitate lipsite de o existență proprie și independentă.

Indienii au fost primii care au introdus conceptul de zero-gol. Expresia apare prima dată într-o operă scrisă în sanscrită în anul 458 d. Hr. Titlul este Lokavibhaga, a cărui semnificație literală este cea de „Părțile universului“, și este ciudat că este un tratat de cosmologie; aproape că stabilește, încă de la început, o conexiune între conceptul de gol și nașterea universului.

Acest lucru nu trebuie să uimească, având în vedere rolul pe care golul îl ocupă în cosmogonia indiană și în miturile creației. Shiva este zeul creator și totodată distrugătorul universului. Când dansează, tot Pământul tremură și întregul univers se fărâmițează, arzând sub presiunea ritmului divin. Totul se dizolvă până se concentrează în bindu, punctul metafizic din afara spațiului și timpului, a cărui emblemă colorată este purtată pe frunte de multe femei hinduse. Pe urmă se dizolvă încet și punctul, și totul se împrăștie în golul cosmic. Ciclul se reia când Shiva decide să creeze un nou univers și începe din nou să danseze. Din nou ritmul divin produce vibrații tot mai ample ale golului care ajunge să se umfle spasmodic, dând naștere unui nou univers care își ocupă locul lui în ciclul infinit al creațiilor și al distrugerilor.

Această familiaritate a indienilor cu conceptul de gol ne permite să înțelegem mai bine de ce ei au fost primii care au conferit lui zero proprietățile unui număr din toate punctele de vedere și, inspirându-se din sistemul de numerație pozițional deja adoptat de babilonieni, i-au decretat gloria definitivă.

La polul total opus grecilor, pentru care zero și infinit erau concepte îngrozitoare care, sfidând logica, amenințau ordinea constituită! Idealul de perfecțiune, Ființa lui Parmenide, era reprezentat ca o sferă, mereu egală cu ea însăși în spațiu și în timp și mai ales finită. Finit înseamnă, pentru greci, sinonim cu perfecțiunea, în timp ce însăși ideea de zero echivalează cu o anatemă. Cum putea nimicul să fie ceva? Nu întâmplător zero evoca haosul primordial: este numărul care, multiplicat cu orice alt număr, în loc să-i crească valoarea, îl anihilează, târându-l în același abis. Lucrurile nu merg mai bine când încerci să împarți la zero: și în acest caz se produce o absurditate logică, infinitul, nelimitatul, măreția informă fără limite. Exact ca golul, și infinitul, în mod indisolubil legat de zero, era la fel de înfiorător pentru greci. Conceptele care sfidau logica și tulburau mintea filosofilor erau considerate nepotrivite, chiar periculoase: puteau răspândi panica și provoca dezordine socială.

De aceea, cultura occidentală a construit un fel de tabu în ce privește numărul zero care s-a extins apoi la gol. De această prejudecată, care încă ne condiționează modul de a gândi, trebuie să ne eliberăm pentru a înțelege mecanismul prin care un univers se poate naște din vid.

Vidul despre care vorbim nu este un concept filosofic, este un sistem material special, cel în care materia și energia sunt nule. Este o stare cu energie nulă, dar e un sistem fizic ca toate celelalte, care se poate cerceta, măsura, caracteriza.

Sunt nenumărate experimentele legate de vid pe care fizicienii le continuă de ani întregi. Se folosesc aparate experimentale sofisticate pentru a-i studia proprietățile ciudate cu scopul de a înțelege în detaliu cum starea de vid influențează unele dimensiuni caracteristice ale particulelor elementare. Cineva își imaginează chiar să descopere în vid fenomene noi care, odată înțelese, ar putea duce la tehnologii noi.

La fel ca toate sistemele fizice, și pentru vid este valabil principiul incertitudinii care reglementează comportamentul sistemelor la scară microscopică. Energia și timpul propriu ale unui sistem oarecare, inclusiv starea de vid, nu pot fi măsurate simultan cu precizie mare după bunul plac: produsul incertitudinilor lor nu poate coborî sub o anumită valoare minimă. Când spunem că vidul are energie nulă, înseamnă că, efectuând un număr foarte mare de măsurători, se obține zero ca valoare medie a rezultatelor; măsurătorile individuale dau valori fluctuante, pozitive sau negative, diferite de zero, care se distribuie pe o curbă statistică ce are o valoare medie nulă. Principiul incertitudinii ne spune că fluctuațiile de energie care ar rezulta în urma unei măsurători sunt cu atât mai mari cu cât este mai scurt intervalul de timp.

În realitate, această caracteristică nu are de-a face cu perturbarea sistemului care se realizează în timpul măsurătorii, ci e ceva mai profund, legat de comportamentul materiei pe scară microscopică. Starea de vid are energie în mod riguros nulă dacă se observă pe o scară de intervale foarte lungi, în teorie infinită, dar pe intervale foarte scurte ea fluctuează ca toate lucrurile, traversând toate stările ei posibile, inclusiv pe cele — puțin probabile — caracterizate de energie în mod semnificativ diferită de zero. În fine, principiul incertitudinii îngăduie în vid formarea temporară a unor bule microscopice de energie, cu condiția ca ele să dispară rapid. Cu cât este mai mică energia implicată, cu atât mai mult va rezista bula anormală.

Dacă ne imaginăm, deci, comportamentul vidului la scară microscopică, nu trebuie să ne gândim la ceva plictisitor, static, mereu egal cu sine. Dimpotrivă, trama subțire a vidului clocotește de zeci de mii de fluctuații microscopice. Cele care implică mai multă energie vor reintra repede în anonimat, dar, dacă energia luată cu împrumut este nulă, pot dura la nesfârșit.

Acest lucru se complică și mai mult dacă se ia în considerare prezența materiei și a antimateriei. Fluctuațiile cuantice ale vidului pot lua forma unei generări spontane de perechi particulă/antiparticulă. Vidul, așadar, poate fi văzut ca un zăcământ inepuizabil de materie și antimaterie. Se poate profita de instabilitatea provocată de principiul incertitudinii și scoate din vid un electron; dacă este pus imediat la locul lui, nimeni nu-și dă seama. E de ajuns să fii suficient de rapid și lucrul se poate realiza. Operațiunea echivalează cu scoaterea laolaltă a unui electron și a unui pozitron. Aici trebuie să fii foarte atent, pentru că regula conservării sarcinii electrice nu admite excepții, este mult mai rigidă decât conservarea energiei. Nu pot extrage un electron singur, pentru că aș schimba caracteristicile întregii stări de vid, care ar rămâne încărcată pozitiv. Trebuie întotdeauna să fac să iasă și un pozitron, electronul pozitiv, astfel încât balanța de sarcină electrică a sistemului să rezulte echilibrată. În fine, este de ajuns să extragi din vid o cantitate egală de materie și de antimaterie și vidul nu protestează. Rămâne problema energiei perechii particulă/antiparticulă: cu cât este mai mică masa perechii, cu atât mai mare este timpul de ieșire liberă pe care îl au la dispoziție. Odată terminată recreația, principiul incertitudinii sună clopoțelul și cei doi „elevi timizi" intră din nou, disciplinat, în clasele lor.

Acest mecanism nu reprezintă un principiu de fizică care dăinuie în abstract, ci e un proces material care se verifică în fiecare zi în acceleratoarele de particule. Lovind spațiul gol cu energia fasciculelor care intră în coliziune, se produc particule noi care sunt cu atât mai masive, cu cât energia coliziunii este mai mare. În acest fel, se extrag din spațiul vid mari cantități de particule și pentru cele mai disparate scopuri: de la izotopii radioactivi folosiți ca substanțe în medicina nucleară, până la bosonii Higgs produși în LHC.

Spațiul vid este ceva viu, substanță dinamică și permanent schimbătoare, plină de potențialități și de contrarii. Nu e nimicul, dimpotrivă, e un sistem din care se revarsă cantități nelimitate de materie și antimaterie. Din anumite puncte de vedere, seamănă într-adevăr cu numărul zero, așa cum gândeau matematicienii indieni. Departe de a fi un nonnumăr, zero conține totalitatea infinită a numerelor pozitive și negative, organizate în perechi simetrice, de semn opus, cu sumă nulă. Analogia ar putea fi extinsă la liniște, înțeleasă ca suprapunere a tuturor sunetelor posibile care se anulează unul pe altul când se adună în opoziție de fază, sau la întuneric care se poate naște din interferența distructivă de unde luminoase.

Ipoteza că totul poate avea originea într-o fluctuație cuantică a spațiului vid apare în mod natural când se consideră că, în universul nostru, energia negativă datorată câmpului gravitațional anulează exact energia pozitivă legată de masă. Un univers cu aceste caracteristici se poate naște printr-o simplă fluctuație, iar legile mecanicii cuantice ne spun că poate dura la nesfârșit. Universul cu energie totală nulă constituie o importantă variantă a teoriei tradiționale a Big Bangului, care face superfluă prezența unei singularități inițiale.

Spațiu gol și haos

Cumva, știința secolului XXI face să redevină actuală povestea lui Hesiod, acea Teogonie care conține originea a tot într-un vers splendid și fulminant: „Haos a fost la început".[3] Afirmație perfect conformă cu povestea științifică, cu condiția să nu utilizezi traducerea cea mai comună și răspândită pentru haos, cea care îl interpretează ca dezordine, întreg nediferențiat. Mai degrabă trebuie restabilită semnificația originară a cuvântului, care găsește asonanță în grecescul chaino, a se deschide larg, chasko, a sta cu gura deschisă, sau chasma, abis. Devine astfel un gâtlej negru cu gura larg deschisă, abisul fără fund, vâltoarea tenebroasă, golul imens capabil să înghită și să conțină orice.

Semnificația originară de haos a rămas în uz mult timp. Asocierea termenului cu conceptul de dezordine a venit mult mai târziu, mai întâi prin opera lui Anaxagora și apoi prin cea a lui Platon. Cu ei, haosul devine recipientul materiei informe care așteaptă să fie ordonată de un principiu superior. Va fi Mintea, sau Demiurgul, cea care va da formă acelui material umil și neșlefuit și va construi cosmosul, sistemul organizat și perfect care reglementează și guvernează totul. De atunci, această idee a rezistat milenii la rând.

Dar haosul inițial, înțeles ca spațiu gol, e cu totul altceva decât dezordinea. Nu există sistem mai rigid ordonat, regulat și simetric decât spațiul gol. Totul în el este riguros codificat, fiecare particulă materială merge la braț cu antiparticula respectivă, fiecare fluctuație observă disciplinat legăturile principiului incertitudinii, totul se mișcă urmând un ritm cadențat și bine temperat, o coregrafie perfectă, fără improvizații, nici virtuozități.

Dar cumva acest mecanism perfect se împotmolește, ceva straniu năvălește pe neașteptate și ocupă centrul scenei, apoi, luându-și o marjă, pregătește dintr-odată procesul care va produce simultan un spațiu-timp, care se extinde, o masă și o energie care îl curbează.

Ordinea extremă care guvernează totul se fărâmițează într-o fracțiune de secundă și minuscula fluctuație cuantică se umflă peste măsură, îmboldită de un proces pe care îl numim inflație cosmică. Încă ne scapă multe detalii ale fenomenului, începând cu identitatea particulei materiale, inflatonul, care, extrasă din spațiul vid printr-un mecanism pur întâmplător, a inițiat minunata sarabandă de care ne vom ocupa în capitolul următor.

Italo Calvino, Cosmicomicării. T — indice zero, Editura Univers, București, 1970, p. 43, traducere din limba italiană de Sanda Șora. (N.t.)

Hesiod, Opere, Editura Univers, București, 1973, p. 28, traducere din limba greacă de Dumitru T. Burtea. (N.t.)

Ziua 1. O suflare de neoprit produce prima minune

Totul se întâmplă într-o clipă. Cu un moment mai devreme, acea microscopică structură care clocotește și se agită, exact ca celelalte care o înconjoară, ne apare complet nesemnificativă.

Extinzând privirea, pare aproape că vedem o spumă foarte subțire. Zecile de mii de minuscule fluctuații care o compun amintesc de lichidul primordial al poveștilor mitologice: aphros, chiar spumă în greacă, de unde vine și numele Afroditei, născută din sângele și din sperma lui Uranus. Cronos, fiul, i-a smuls acestuia sexul cu secera, ca s-o răzbune pe mama lui, Geea, și l-a aruncat în mare, făcând să clocotească de un eveniment miraculos apele liniștite ale Ciprului.

Din spuma cuantică se va naște ceva încă și mai uimitor decât zeița iubirii și a frumuseții: un întreg univers. Dar nimeni nu-și poate încă imagina ce e pe cale să se întâmple. Au trecut doar 10-35 secunde din momentul în care s-a format, un interval de timp atât de nesemnificativ, încât nici nu reușim să-l concepem. Toți ne așteptăm ca bula minusculă asupra căreia se concentrează atenția noastră să intre din nou în anonimat, disciplinat, ca toate celelalte. Și, în schimb, iruperea unei suflări de neoprit o face să crească peste măsură. Dintr-odată, obiectul infim, care fluctua ordonat și liniștit, urmând ceremonialul rigid al principiului incertitudinii, se umflă în manieră paroxistică. În nebunia care îl lovește este implicat spațiul vid care îl înconjoară și îl înglobează implacabil, târându-l în același mecanism. Totul a fost atât de rapid, încât, pentru a vedea exact ce s-a întâmplat, ar fi nevoie de o moviolă. Dar niciun instrument nu poate face fotograme la o asemenea viteză încât să prindă detaliile unei metamorfoze atât de rapide.

Apoi, brusc, totul se calmează și lucrul straniu care pare de-acum să aibă o viață proprie își continuă expansiunea, chiar dacă într-un ritm extrem de redus.

Am asistat la nașterea universului nostru. Se termină prima zi și s-a născut un univers care conține deja tot ce îi va trebui ca să evolueze în următoarele 13,8 miliarde de ani — și au trecut doar 10-32 secunde.

Un câmp primordial straniu

Universul începe, așadar, cu o minusculă fluctuație a spațiului vid, care, în timp ce se extinde, este umplută cu o substanță ciudată ce o face să se umfle peste măsură.

Teoria care a zdruncinat cosmologia modernă a fost propusă prima oară de Alan Guth, un tânăr fizician care își luase doctoratul la MIT și, la 32 de ani, își căuta un loc de muncă la câteva universități americane prestigioase. Fusese invitat să țină un seminar la Cornell, una dintre cele mai bune universități, și acolo, în 1979, și-a prezentat ideea revoluționară.

Așa cum am văzut, teoria tradițională a Big Bangului, deși confirmată în linii mari de observații, lăsa prea multe probleme nerezolvate.

Primul schelet din dulap era originea singularității de la care pornise totul. Nu se înțelegea prin ce mecanism se putea forma, dat fiind că Big Crush-ul fusese exclus. În anii 1980 se știa că în univers nu exista suficientă materie astfel încât să se depășească densitatea critică, cea care ar fi putut să provoace marea implozie. Se credea, deci, că fuga galaxiilor decelerase lent prin efectul gravitației, însă fără să dea startul colapsului gravitațional catastrofal. În fine, rămânea de explicat cum avusese loc marele Bang.

În obiectul de dimensiuni nesemnificative care se poate produce prin mecanisme pur întâmplătoare, forța care conduce dansul este gravitația, o forță de atracție. Ca să intre în expansiune și să dea naștere Big Bangului, este nevoie de o respingere gravitațională foarte puternică, o antigravitație: ceva asemănător cu constanta cosmologică pe care Einstein o introdusese în ecuația lui ca să facă universul stabil, dar extrem de potent.

Materia normală, masa și energia produc o energie negativă a spațiului vid, din care se naște o presiune pozitivă, care tinde adică să strivească, să conțină totul. Dacă în schimb intră în joc o substanță complet nouă, care produce o energie pozitivă, presiunea care derivă este negativă, adică împinge spre exterior, tinde să producă expansiune.

Un alt mister era legat de incredibila omogenitate a universului observabil. Peste tot în jurul nostru există galaxii de toate formele, unele placide și liniștite, altele frământate de activitățile pirotehnice ale supernovelor, stele neutronice și găuri negre. Deși minunat, peisajul cosmic se repetă. În fine, când se observă regiuni de mari dimensiuni, obiectele care populează cotloanele cele mai pierdute ale universului

sunt foarte asemănătoare.

Acest fapt amintește de acea senzație de rătăcire pe care o simți când, imediat după debarcarea în aeroporturi de pe alte continente, de exemplu Kuala Lumpur sau Sidney, te trezești plimbându-te printre aceleași magazine care pun în vitrină piese vestimentare identice cu cele pe care le lăsaseși la plecarea din Roma sau Paris. Aceeași poveste pentru valize, telefoane sau aparate de fotografiat. Pentru acest fenomen există totuși o explicație evidentă, care are de-a face cu marile lanțuri de distribuție ale lumii globalizate; în schimb, până în anii 1990, nimeni nu avea nicio idee despre mecanismele de la baza incredibilei omogenități din observațiile astronomice.

Misterul devenea și mai de nepătruns pentru că, pe măsură ce se utilizau telescoape tot mai puternice și se puteau cerceta porțiuni ale universului inaccesibile până cu puțin timp înainte, se vedeau în continuare lucruri care semănau teribil cu tot ce era deja cunoscut: galaxii asemănătoare cu cele deja văzute, roiuri de galaxii care păreau surorile gemene ale celor tocmai catalogate.

Încă și mai uluitoare era uniformitatea care se măsura în temperatura radiației cosmice de fond. Oriunde s-ar fi îndreptat instrumentele, rezultatul era mereu același: 2,72 Kelvin, puțin peste zero absolut.

Cum era posibil ca toate zonele cele mai îndepărtate ale universului, aflate la distanțe de miliarde de ani-lumină unele de altele, să se fi pus de acord să se găsească la aceeași identică temperatură în momentul în care oamenii de știință ai unei minuscule planete, dintr-un anonim sistem solar al unei galaxii oarecare, se hotărâseră să arunce o privire la ce se întâmpla în jur? Distanțele dintre regiunile universului observat erau prea mari pentru a presupune vreun oarecare mecanism care ar fi putut explica fenomenul.

Pentru a căuta un răspuns, Guth a încercat să-și imagineze ce se putea întâmpla dacă, în timpul expansiunii micii bule primordiale, volumul minuscul ar fi fost ocupat de o energie a vidului pozitivă, asemănătoare cu cea presupusă pentru constanta cosmologică. Candidatul care i se părea cel mai promițător era bosonul Higgs, o particulă despre care se vorbea mult în acei ani pentru a explica originea maselor particulelor elementare.

Higgs e o particulă neutră și scalară, deci care are spin nul: ca să ne înțelegem, nu se rotește în jurul axei proprii, cum fac în schimb toate celelalte particule elementare. Într-adevăr, câmpul lui Higgs furnizează vidului o energie pozitivă, dar, dacă volumul implicat ar intra repede în expansiune, densitatea de energie ar scădea la fel de rapid și n-ar putea oferi niciun impuls. Pentru a menține densitatea constantă într-un volum care crește cu viteză, energia totală ar trebui să crească la rândul ei și asta ar încălca principiul de conservare a energiei.

Dar dacă în timpul căderii precipitate apare un obstacol, dacă, dintr-un motiv oarecare, cursa lui spre potențialul de punct zero, al vidului, se oprește o clipă, ce se întâmplă?

Răspunsul pe care Guth l-a dat acestei întrebări a schimbat, încă o dată, modul de a vedea originea universului.

O expansiune imposibil de oprit

Mecanismul prevede un câmp scalar ce conferă vidului o energie potențială pozitivă și, în decursul evoluției sale, se blochează pentru o fracțiune de secundă într-o stare de vid fals, o adâncime a potențialului de valoare constantă și diferită de zero.

Să ne imaginăm un schior începător, care coboară încet pe o pârtie lină, dar trebuie să se oprească pentru că întâlnește un platou sau un șanț adânc. Pentru scurt timp va rămâne captiv în adâncime, va trebui să împingă cu bețele ca să urce din groapă și probabil va cădea și va trebui să o ia de la capăt înainte să reușească; apoi, odată depășită mica pantă negativă, va putea să-și reia coborârea și să ajungă rapid în vale.

În cazul în care câmpul scalar procedează la fel ca schiorul, adică se oprește chiar și pentru o clipă în șanț, se produce un fenomen de o violență disproporționată. Din cauza energiei de vid pozitive, mica bulă primește un impuls să-și crească volumul. Cu câmpul blocat în groapă, densitatea de energie rămâne constantă și, pentru că volumul este în creștere, crește energia pozitivă înmagazinată în el și crește apoi și mai mult impulsul spre dilatare.

În loc să o elimine, mișcarea de expansiune introduce energie în spațiu. Cu cât crește mai mult bula, cu atât crește impulsul spre expansiune. Este dinamica tipică a creșterilor exponențiale care, în acest caz, are o explicație foarte convingătoare. Grație energiei în exces, mica bulă extrage din vid alte particule scalare care îi vor umple volumul și acestea, la rândul lor, cresc mai departe impulsul.

Blocat în groapă, câmpul umple spațiul cu o substanță care exercită o presiune enormă, nu pozitivă precum cea a materiei și energiei, ci negativă, ca energia vidului pe care o introdusese Einstein prin constanta lui cosmologică.

Marelui om de știință îi era de ajuns o forță de respingere relativ slabă pentru a contrabalansa forța de atracție furnizată de masă și de energie, iar la el energia vidului era constantă: câmpul rămânea cristalizat pe veci, ca Albă-ca-Zăpada adormită în sicriu.

Câmpul primordial sugerat de Guth are în schimb o dinamică puternică; ca în poveste, sărutul prințului întrerupe somnul frumoasei copile, dar o face doar pentru o foarte scurtă clipă, iar de aici se naște un sortilegiu incredibil. Acea trezire furișă, care blochează câmpul în vidul fals pentru o fracțiune de secundă, produce o forță de respingere puternic variabilă în timp. Este colosală în perioada în care câmpul e blocat și scade rapid imediat ce iese din starea de vid fals. Antigravitația lui Alan Guth, care dezlănțuie expansiunea furibundă la originea universului, este de 100 de ordine de mărime mai mare decât constanta cosmologică. Această extraordinară presiune negativă este cea care a dilatat totul cu o viteză colosală. Iată de unde vine Bangul.

Într-un minuscul interval de timp se întâmplă inimaginabilul. Acel obiect infim, de miliarde de ori mai mic decât un proton, este supus unei creșteri exponențiale care continuă într-un ritm furibund, care anulează și cel mai frenetic dintre crescendourile operei rossiniene. Într-o clipită devine un obiect macroscopic. Când iese din această fază paroxistică, are dimensiuni comparabile cu cele ale unei mingi de fotbal și conține deja toată materia și energia de care va avea nevoie să evolueze în viitoarele miliarde de ani. Într-o fracțiune de timp ridicolă, acel obiect nesemnificativ a crescut de zeci de ordine de mărime, dilatându-se cu o viteză mult superioară vitezei luminii. Limitele impuse de relativitate — faptul că nimic nu se poate mișca cu viteză mai mare de c — sunt valabile dacă ceva se mișcă în interiorul spațiului. Pentru spațiul însuși, care se extinde în vid sau, pentru a fi mai preciși, transformă vidul în spațiu, aceste legături nu sunt valabile. Nu există limite de viteză pentru universul copil care aleargă spre viitorul lui.

Foarte curând alte fluctuații cuantice, asemănătoare cu cele care îl generaseră, îl vor elibera din groapa în care era blocat, ca să-l aducă din nou pe drumul cel bun, făcându-l să se precipite spre starea de vid real, pe care o atinge într-o clipă. De la timpul zero au trecut doar 10-32 secunde. Dar s-a schimbat totul.

Imediat ce această fază s-a încheiat, în timp ce câmpul rămâne să oscileze calm în groapa lui de valoare minimă a potențialului, energia acumulată în obiectul care a suferit o transformare atât de explozivă se transformă într-o enormă cantitate de materie/antimaterie — perechile formate din particule și partenerii lor extrași din vid interacționează între ele, dar și cu rămășițele câmpului, până când totul atinge o condiție de echilibru termic.

Universul care tocmai s-a născut conține acum toată materia și energia actuale, deși concentrate într-un mic volum; densitatea și temperatura sunt foarte mari și începe o a doua fază de expansiune care, oricât de rapidă s-ar arăta, înaintează într-un ritm fără îndoială mai puțin dement decât cel de până cu o clipă mai devreme.

Alan Guth a deschis cufărul din piele de bou pe care Eol i-l dăruise lui Ulise și care conținea vânturile furtunoase ce l-ar fi împiedicat să se întoarcă în Itaca. La fel ca tovarășii lui Ulise, a îndepărtat sforicica subțire din argint care îl ținea închis: a eliberat suflarea cea mai puternică și s-a dezlănțuit infernul.

Pentru a da un nume acestui nou fenomen, Guth va utiliza termenul de inflație cosmică, derivat din latinescul inflare, a umfla, care era deja folosit în economie pentru a descrie o creștere amețitoare a prețurilor.

Accepțiunea curentă a termenului este peiorativă, pentru că derivă din experiențele traumatice ale perioadelor de inflație galopantă. E de ajuns să te gândești la istoriile dramatice ale Germaniei după sfârșitul Primului Război Mondial. Creșterea prețurilor trăgea în sus măriri ulterioare într-o spirală pe care nimeni nu reușea s-o oprească. Imediat ce primeau leafa, muncitorii alergau la piață să cumpere de toate, pentru că a doua zi ar fi putut cumpăra doar jumătate din produse și, în decursul unei săptămâni, banii din salariu ar fi devenit maculatură. Vânzătorii, prizonieri ai aceluiași mecanism infernal, reajustau încontinuu prețurile mărfurilor lor. În ianuarie 1923, ca să cumperi un kilogram de pâine era nevoie de 250 de mărci; în decembrie prețul crescuse la cifra astronomică de 400 de miliarde de mărci. Acestea sunt absurditățile creșterii exponențiale.

Succesul teoriei inflaționiste

Ipoteza că universul a traversat o fază de inflație cosmică este încă subiect de aprinse discuții între oamenii de știință, chiar dacă o majoritate semnificativă o consideră de-acum explicația cea mai convingătoare.

Unul dintre punctele de forță în sprijinul acestei ipoteze este acela că explică într-o manieră naturală principiul cosmologic sau extrema omogenitate a universului la scară mare.

La prima vedere, lucrul acesta ar părea destul de contraintuitiv. E de ajuns să ridici ochii spre cer ca să vezi Soare, Lună, planete și stele și să ai impresia unei extreme varietăți a structurilor care populează cosmosul. În realitate, aceasta este una dintre multele prejudecăți care ne țin captivi pentru simplul fapt că avem un punct de vedere foarte limitat și o privire care nu ne permite să pătrundem marile distanțe.

Dar, dacă folosim instrumentele de explorare cele mai moderne și lărgim orizontul până la înțelegerea cosmosului întreg, aceste diferențe „locale“ devin detalii nesemnificative. Experimente recente au catalogat 200 000 de galaxii pentru a conchide că, pe dimensiuni de sute de milioane de ani-lumină, structurile întâlnite sunt întotdeauna foarte asemănătoare, aproape identice. În fine, universul nostru, minunat și pestriț în cotloanele lui locale, este destul de monoton, ca să nu spunem plictisitor, dacă navighezi pe scară largă.

Omogenitatea devine și mai necesară dacă privim distribuția de temperatură. Încă din anii 1970, pentru a studia în detaliu radiația cosmică de fond, încep a fi folosite instrumente montate pe sateliți. Scăpând de perturbațiile provocate de atmosfera terestră, sunt posibile măsurători mai exacte și mai ales pe toate lungimile de undă. A fost nevoie totuși de 20 de ani pentru a obține primele rezultate care, deși venite abia la începutul anilor 1990, vor oferi confirmări uluitoare pentru previziunile teoriei inflației cosmice.

Omogenitatea și izotropia universului se dovedesc impresionante. Distribuția de temperatură o reproduce perfect pe cea prevăzută de teorie: universul se comportă ca un gigantic cuptor cu microunde, a cărui încălzire a încetat într-un trecut îndepărtat și de atunci s-a răcit uniform, pe măsură ce se extindea. Regiuni separate de miliarde de ani-lumină au exact aceeași temperatură, măsurată cu o precizie absurdă: 2,72548 de grade peste zero absolut. Radiația este izotropă, adică este aceeași în orice direcție, cu mici variații pe o scară de la 1 la 100 000.

Ce mecanism a permis să se facă schimb de energie între zone cosmice atât de îndepărtate, până în punctul în care procesul de termoliză a dus peste tot la o asemenea uniformitate?

Nu poate fi lumina, pentru că, atunci când ea a apărut, universul era deja enorm, de aproximativ 100 de milioane de ani-lumină. Și distanțele erau prea mari ca să permită luminii să corecteze eventualele diferențe de temperatură. La vremea aceea, zonele cele mai îndepărtate ale universului se puseseră deja de acord să se găsească la aceeași temperatură pe distanțe de milioane de ani-lumină.

Doar inflația cosmică îți permite să înțelegi cum s-a putut întâmpla asta. Mecanisme alternative, deși au fost propuse, se dovedesc puțin plauzibile.

Înainte de inflație, în minuscula bulă care se lupta cu legăturile mecanicii cuantice, toate părțile erau interconectate la fel ca punctul din Cosmicomicăriile lui Calvino. Putându-se schimba informații, aveau toate aceleași proprietăți și, îndeosebi, temperatura era aceeași. Expansiunea inflaționară propagă această omogenitate pe scară cosmică și o face să devină proprietate generală a universului. Făcând asta, mărește excesiv și fluctuațiile cuantice infime prezente în interiorul micii bule primordiale. Umflând spațiul, amplifică și micile perturbații, care vor continua să crească până vor atinge scara roiurilor de galaxii. Extinse la nivel cosmic, acele minuscule ondulații de energie vor deveni o rețea subțire care înfășoară totul și nodurile ei vor acționa ca semințe pentru a produce noi agregări ale materiei. Aceste variații ale densității vor îngroșa filamentele de materie întunecată și vor atrage gaz și praf. Așa se vor naște primele stele și se vor forma primele galaxii.

Din această relație incandescentă, în mod rigid determinată și totodată haotică, între distanțele siderale ale cosmosului și lumea infimă a mecanicii cuantice s-au născut structuri materiale care stau la originea dinamicii și frumuseții. O lume fără fluctuații n-ar fi produs stele, galaxii, planete; într-un univers perfect n-ar exista vântul primăverii, nici zâmbetul fetelor. Noi toți descindem din această anomalie pe care o numim inflație și care a făcut ca spuma cuantică să capete dimensiuni cosmice.

Când cele mai sofisticate instrumente montate pe satelit vor demonstra că distribuția izotropiei este întocmai cea prevăzută de modelele inflaționare, chiar și detractorii cei mai convinși ai noii teorii vor trebui să-i admită puterea de predicție.

Rămânea totuși o discrepanță enormă, care risca să deschidă o nouă criză și să facă să se prăbușească totul ca un castel de cărți de joc. Inflația făcea într-adevăr necesar un univers cu curbură locală nulă, adică plat. Curbura spațiului-timp depinde de densitate, adică de conținutul ei de materie și de energie. Cu o densitate în mod exact egală cu densitatea critică, universul este plat, curbura lui locală este nulă, ca cea a unei suprafețe plane; ceea ce înseamnă că expansiunea continuă nelimitat. Cu densități mai mari universul se închide, curbura lui locală este pozitivă precum a unei sfere, expansiunea se reduce și Big Bangul se răstoarnă în Big Crush. Cu densități mai mici, curbura locală este negativă, precum cea a unei șei, și în acest caz, de asemenea, expansiunea continuă la infinit.

Dacă inflația a avut cu adevărat loc, universul nu poate decât să fie plat; dimensiunile inițiale ale

microscopicei bule ar fi fost întinse și aplatizate de expansiunea furibundă a primelor clipe și doar un univers primordial cu o curbură în mod precis nulă putea rămâne plat după miliarde de ani. Orice abatere inițială de la această condiție ar fi fost amplificată peste măsură de expansiunea succesivă.

Cu alte cuvinte, una dintre cele mai importante confirmări ale teoriei inflației se putea obține măsurând curbura locală a universului sau densitatea lui de materie și energie. Și aici apăreau probleme.

Din nou, se poate obține curbura locală a spațiului-timp din radiația de fond rămasă. E suficient să măsori diametrul unghiular al minusculelor neomogenități de temperatură, diferențe de câteva sute de miimi de grade între o regiune și alta a cerului, fiice ale fluctuațiilor statistice primordiale. Și aici datele experimentale reproduceau în manieră impecabilă previziunile inflației, pentru că spuneau că universul este plat. Dar acest rezultat intra în conflict cu valorile de densitate de energie a universului care, până la începutul anilor 1990, păreau să indice că universul este deschis, adică are o curbură în formă de șa.

Această discrepanță a rămas mulți ani un fel de punct nevralgic al teoriei inflaționare, declanșând obiecțiile multor detractori. Inflația trebuia abandonată, pentru că implica în mod necesar ca densitatea universului să fie egală cu cea critică, în timp ce observațiile cele mai precise până la jumătatea anilor 1990 indicau că nu ajungea nici măcar la o treime.

În 1998, odată cu descoperirea materiei întunecate, acest argument a fost răsturnat. Observându-se că viteza de evadare a galaxiilor mai îndepărtate creștea odată cu timpul, trebuia acceptată ideea unei noi forme de energie care străbătea tot spațiul și contribuia la masa totală a universului cu două treimi din total. În acest moment valoarea densității o atingea pe cea critică, se înțelegea de ce geometria universului era plată și totul devenea o ulterioară confirmare a validității ipotezei inflaționare.

În căutarea armei fumegânde

În ciuda succesului teoriei și a numeroaselor confirmări experimentale, există încă un mic, dar combativ grup de critici care se opune cu putere ipotezei inflației.

Ceea ce înseamnă o dinamică normală, tipică metodei științifice: să critici totul, să te îndoiești mereu, să cauți punctele slabe, să iei în calcul ipotezele alternative face parte din deontologia profesională a oamenilor de știință.

Trebuie totuși să admitem că încă există un punct critic înspre care se dovedește ușor pentru sceptici să îndrepte degetul. În fond, inflația se naște dintr-un câmp scalar care provine din spațiul vid, cu potențialul lui instabil, și dezlănțuie expansiunea, dar până acum nimeni nu a găsit urme fără echivoc ale inflatonului, particula asociată cu acest câmp. În ziua în care acest lucru s-ar întâmpla, nimeni n-ar mai avea îndoieli, ar fi ca și cum ai găsi „arma fumegândă" a inflației. Dar asta încă nu s-a întâmplat și căutarea inflatonului continuă.

Ideea inițială de la care pornise Alan Guth era că bosonul Higgs ar fi putut fi cel care dezlănțuise totul. Particula fantomatică, la vremea aceea, era doar o ipoteză, element de bază al unei teorii care putea foarte bine să se dovedească o conjectură arbitrară, ca multe altele. În plus, aceasta nu prevedea valori precise pentru masa bosonului și alte caracteristici legate de ea. Cu bosonul Higgs jucând rolul inflatonului, se dovedea ușor să explici cum inflația cosmică ar fi putut începe, dar nu era deloc simplu să găsești un mecanism ca s-o oprești.

În realitate, același Guth și alți oameni de știință au dezvoltat curând modele în care câmpuri scalare diferite puteau declanșa același mecanism. Rolul potențialului blocat, presupus pentru bosonul Higgs ca o stare de vid fals, putea fi jucat de un potențial slab variabil, care se dezintegra lent în timp, în vreme ce bula primordială se extindea. Au fost astfel dezvoltate întregi familii de modele inflaționare diferite, ale căror caracteristici depindeau în esență de ipotezele emise în legătură cu inflatonul.

Cineva a ajuns să teoretizeze chiar și modele de inflație eternă. Plecând de la ideea că fluctuații cuantice ale câmpului scalar ar putea stârni paroxismul inflaționar pornind de la o minusculă porțiune a acestuia, în timp ce se năștea un univers care și-ar fi început evoluția, din restul materialului rămas la marginile acestuia se puteau dezvolta altele, într-un mecanism de inflație eternă care ar fi produs acele zeci de mii de universuri intuite în teoriile moderne ale multiversului.

Doar odată cu găsirea inflatonului se va putea avea, pe de o parte, confirmarea irefutabilă a corectitudinii teoriei și, pe de altă parte, distinge între diversele modele propuse.

Când, în 2012, după o căutare care a durat aproape 50 de ani, la CERN a fost descoperit bosonul Higgs și i-au fost măsurate toate caracteristicile, inclusiv masa, s-a redeschis imediat dezbaterea despre posibilul lui rol în faza inflaționară. Nou-venitul este prima particulă scalară fundamentală și unii cosmologi încă

cred că inflatonul este chiar el. Alții contestă aceste studii și îl consideră prea greu. Se caută deci o particulă asemănătoare, dar mai ușoară, care ar putea apărea în unele dezintegrări rare produse de coliziunile din acceleratorul LHC, sau vreun alt scalar, ruda lui apropiată cu care și-ar fi putut împărți efortul primordial de a da naștere unui întreg univers.

Opiniile asupra acestui punct de vedere sunt contradictorii și soluția va putea să apară doar în urma unei noi campanii de studii experimentale.

În următorii ani s-au prevăzut măsurători mult mai precise ale radiației cosmice de fond, capabile să reconstituie cu claritate urmele evanescente lăsate de inflație. Odată cu descoperirea recentă a undelor gravitaționale se speră chiar să se ajungă cu sensibilitatea noilor instrumente la un asemenea nivel, încât să ne permită identificarea undelor gravitaționale reziduale, acele fluctuații imperceptibile ale spațiului-timp care ne pot povesti în direct ce s-a întâmplat în timpul fazei creșterii inflaționare.

Asta dacă nu apare între timp surpriza descoperirii, în cursul experimentelor pe care le realizăm cu LHC, a unui nou scalar cu toate caracteristicile potrivite kitului de identificare a mult căutatului număr unu.

În epoca mitică a Marii Unificări

Inflația nu este primul act care are loc pe scenă, chiar dacă e, fără îndoială, unul dintre cele mai spectaculoase. Nu suntem în măsură să descriem ce s-a întâmplat în foarte scurtele momente care au precedat-o, dar știm că au avut loc lucruri importante. Un zid insurmontabil ne împiedică să înțelegem. Putem doar să avem curajul să lansăm supoziții, așa cum fac prizonierii din peștera lui Platon.

În lanțuri încă din copilărie, cu picioarele și gâtul blocate de legături, lipsiți de orice experiență a lumii exterioare, nu pot percepe direct ce se întâmplă în afara peșterii, dincolo de zid. De aceea își construiesc propria viziune a lumii pornind de la umbrele care apar pe perete. Ceva de genul acesta facem noi, oamenii de știință, încercând să intuim ce s-a putut întâmpla înainte de inflație. Putem doar să vedem umbre și să ne imaginăm.

Facem măsurători precise la scara de energie pe care o putem explora direct, cu ajutorul acceleratoarelor de particule sau studiind fenomenele cele mai energetice care se produc în cosmos. Apoi extrapolăm aceste rezultate la scara de energie pe care noi suntem în stare s-o studiem direct și dezvoltăm conjecturi consistente cu toate observațiile colectate.

Vorbim despre faza inițială a vieții universului, a cărei durată incredibil de scurtă este cea a Epocii Planck, 10-43 secunde, căreia i-ar corespunde o dimensiune a universului de 10-33 centimetri. În aceste proporții, spațiul nu e nici neted, nici inert, ci clocotește de particule virtuale care apar și dispar într-un ritm infernal. Din care se naște o efervescență cosmică neînfrânată, un spațiu tumultuos și haotic care se umple de asperități și structuri neomogene. La aceste dimensiuni, spuma cuantică clocotește spasmodic și fluctuează fără întrerupere. Curbura și topologia în această regiune se pot descrie doar în termeni probabilistici.

Niciuna dintre actualele teorii fizice nu poate descrie corect ce s-a întâmplat în Epoca Planck și din ipoteze diferite izvorăsc previziuni diferite. Dincolo de zidul care ne îngrădește privirea se ascund secretele gravitației cuantice, himera pe urmele căreia se află de câteva decenii generații de fizicieni. Poate că nesemnificativa regiune forfotește de minuscule corzi vibrante care evoluează în 10 sau 26 de dimensiuni, poate că spațiul are o structură discretă organizată în loop-uri infime sau poate că trucurile pe care natura le-a dezvoltat pentru a cuantifica gravitația depășesc efortul de imaginație pe care noi, oamenii, l-am făcut până astăzi.

Nimeni nu a reușit până acum să arunce o privire la vremuri atât de aproape de momentul inițial sau să exploreze distanțe atât de infime. Se pot face doar ipoteze raționale despre fenomenele dominante în acel interval de timp: credem că este epoca Marii Unificări. Forțele fundamentale sunt unite într-un singur câmp: o singură superforță primordială guvernează nesemnificativa porțiune de spumă care va deveni universul nostru.

Tot universul în care locuim este ținut laolaltă de forțe pe care le putem clasifica în ordine descrescătoare de intensitate. Prima pe listă este interacțiunea nucleară tare, cea care ține laolaltă quarcurile pentru a forma protoni și neutroni cu care organizează nucleele diverselor elemente. De aici vine energia eliberată de bombele nucleare sau cea care ține aprinse stelele. Forța nucleară slabă e mai timidă și, fără îndoială, mai puțin frapantă. Acționează doar pe distanțe subnucleare și rareori ocupă centrul scenei. Apare în unele dezintegrări radioactive, la o primă vedere nesemnificative, dar în realitate vitale pentru dinamica universului. Forța electromagnetică ține laolaltă atomi și molecule și reglementează cu legile ei propagarea luminii. Gravitația este cea mai slabă, deși mult mai populară decât celelalte. Acționează ori

de câte ori își face apariția o masă sau o energie și străbate tot cosmosul, reglementând mișcarea celor mai mici asteroizi ai sistemului solar până la cele mai mari roiuri de galaxii.

Astăzi, în universul bătrân și rece în care locuim, aceste forțe acționează separat și au intensitate și rază de acțiune diferite. Dar ce am verificat, în nenumărate experimente, este că totul variază cu densitatea de energie. La creșterea ei pare că se instaurează un principiu de echitate și egalitate: „Cei puternici vor fi mai puțin puternici, iar cei slabi vor fi mai puțin slabi". Forța tare se reduce în intensitate și la fel se întâmplă cu forța electromagnetică. Dimpotrivă, intensitatea interacțiunii slabe crește până în punctul în care se poate prevedea unde vor converge cele trei curbe: energia la care se vor uni într-o singură forță.

În toate acestea, gravitația rămâne un pic deoparte: este atât de slabă, încât nu reușim să măsurăm variații ale intensității ei la scările de energie explorate până acum, dar devine firesc să o facem să intre în joc.

Numim Epoca Planck această perioadă primordială în evoluția universului, dominată de o superforță care unifică cele patru forțe fundamentale. Este ca și cum ne-am imagina un fel de epocă de aur, sfânta alianță dintre oameni și zei, care trăiesc împreună împărtășind iubiri și gelozii.

În universul minuscul și foarte cald al originilor sunt în vigoare simetrii elegante și perfecte care se rup, una după alta, pe măsură ce totul se răcește.

O primă separare dramatică are loc chiar în Epoca Planck, când gravitația se disociază de restul forțelor. Imediat, o altă tranziție de fază separă forța tare de cea electroslabă.

Istoria noastră începe deja înainte ca inflația să producă marele Bang: într-o minusculă porțiune de spațiu vid, câmpul unei superforțe traversează, treptat, transformări de fază, rupturi de simetrie care separă diversele interacțiuni între ele. Cristalizările succesive ale câmpului primordial vor popula lumea noastră cu cele patru interacțiuni fundamentale și totul se va schimba brusc.

Diferit de ce s-a întâmplat pentru primele două ruperi de simetrie, pentru următoarea, care separă în mod definitiv forța slabă de cea electromagnetică, am adunat date foarte clare care ne permit să spunem o poveste detaliată. Am putut s-o studiem în laborator, reproducând la CERN, după descoperirea bosonului Higgs, principalul protagonist a ce s-a întâmplat la 10-11 secunde după Big Bang. Despre asta vom vorbi în capitolul următor.

Ziua 2. Atingerea delicată a unui boson schimbă totul, pentru totdeauna

Universul incandescent, abia ieșit din faza inflaționară, conține deja toată materia și energia de care are nevoie, dar, dacă am putea să privim în interiorul lui, n-am recunoaște nimic familiar. Am vedea un fel de gaz fără o formă precisă, de particule minuscule, imposibil de deosebit între ele: toate lipsite de masă, care zboară cu viteza luminii. Ansamblul se prezintă ca un obiect perfect, omogen și izotrop, egal cu sine în orice punct și din toate perspectivele. Niciun punct de agregare, nicio lipsă de uniformitate.

Dacă nu s-ar afla în expansiune la o viteză incredibilă, s-ar putea confunda cu reprezentarea ideală a Ființei lui Parmenide: oriunde identică cu ea însăși, simetrică sub orice rotație, complet lipsită de defecte și de imperfecțiuni. Este regatul uniformității și al perfecțiunii, guvernat de simetrie, care înseamnă totodată simplitate și eleganță. Dacă ceva surprinzător n-ar fi tulburat acea armonie care părea de neschimbat, din acel obiect perfect nu s-ar fi putut naște nimic. Ar fi fost un univers steril, o imensă risipă de energie, lipsit de lumina Lunii și de parfumul florilor, trist, anonim, dezolant.

Suntem aproape de momentul în care se va întâmpla ultima, poate cea mai importantă dintre transformările care îi vor hotărî destinul.

Odată asimilată euforia inflației, expansiunea lui continuă, îmboldită de energia care clocotește în interiorul lui. Crescând în dimensiuni, universul se răcește și astfel provoacă reacții care îi modifică profund dinamica.

Am ajuns la 10-11 secunde după Big Bang și din acest moment lucrurile sunt mult mai clare. De când am descoperit bosonul Higgs și i-am măsurat masa, această parte a poveștii are puține secrete.

Universul nou-născut este deja impunător. A atins remarcabila dimensiune de un miliard de kilometri și brusc, când temperatura scade sub un anumit prag, bosonii Higgs, care până cu o clipă înainte hoinăreau liberi, îngheață și se cristalizează. La acele temperaturi, pentru ei glaciale, nu pot supraviețui și se ascund în mormântul confortabil al spațiului vid. Va fi nevoie de multă răbdare ca să-i vezi din nou în jur. Va fi nevoie de 13,8 miliarde de ani înainte ca pe planeta Pământ cineva să reușească să producă coliziuni de energie atât de înaltă, încât să-i readucă la viață, deși pentru o fracțiune de secundă; suficient totuși cât să lase urme fără echivoc ale prezenței lor.

Câmpul cu care sunt asociați capătă o valoare specifică, care schimbă radical proprietățile spațiului vid. Multe particule elementare, traversându-l, sunt supuse unei puternice interacțiuni și viteza lor se reduce, cu alte cuvinte capătă masă; altele, care călătoresc fără să fie deranjate, rămân fără și pot continua să se miște cu viteza luminii.

Prin câmpul Higgs se rupe perfecta simetrie care caracterizase universul primordial și interacțiunea slabă se separă definitiv de cea electromagnetică. Unele particule devin atât de grele, încât se dovedesc instabile și vor dispărea din universul în răcire rapidă. Altele vor căpăta în mod definitiv o masă, dar rămân ușoare și această caracteristică a lor se va dovedi fundamentală pentru a ajunge curând la o organizare a materiei atât de specială.

Nou-venitul, câmpul Higgs, a construit acționând cu delicatețe multiplicități, urmând o regulă simplă și clară. Particulele elementare, care parcă rămân încleiate în câmpul lor, se diferențiază între ele în funcție de tăria interacțiunii și astfel ajung să capete mase iremediabil diferite. Acțiunea lui subtilă seamănă cu cea a demiurgului din Timeu de Platon, artizanul rânduitor care, prin intermediul numărului, face dinamică și vitală materia fără formă și negenerată care îi preexista.

Totul se va naște din această atingere delicată care a schimbat lucrurile pentru totdeauna. Dar e încă devreme, nu trebuie să alergăm. Abia s-a sfârșit a doua zi și au trecut doar 10-11 secunde.

Încântarea lui Narcis

Când vezi tabloul prima dată, nu poți decât să rămâi fermecat în fața cercului perfect care conține cele două figuri: cea a băiatului cu haine prețioase care se întinde deasupra apei și imaginea lui reflectată, pe care el o observă extaziat. Soluția aleasă de Caravaggio ca să spună povestea mitului lui Narcis e pur și simplu genială. Este una dintre cele mai faimoase metamorfoze ale lui Ovidiu, cea a tânărului foarte frumos care, pentru că o respinsese pe nimfa Eco, este condamnat să se îndrăgostească nebunește de singura persoană pe care n-ar fi putut niciodată s-o aibă: el însuși. Astfel, tânărul întinde mâna stângă

spre imaginea lui reflectată în apă, sperând să reușească să atingă ce iubea, dar nu poate decât să-și ude degetele. Cercul care îl înconjoară nu face decât să exalte perfecta simetrie a reflexiei care pune în relație cele două figuri.

Faimosul tablou de la Palazzo Barberini din Roma este una dintre numeroasele capodopere ale artei care au folosit simetria drept cheie pentru a istorisi frumusețea.

Semnificația literală a cuvântului grecesc din care derivă, cu ajustările cuvenite, amintește conceptele de proporție și de armonie care ocupau un loc important în imaginarul estetic și filosofic al Antichității. Pentru greci și romani, opera, ca să fie frumoasă, trebuia să fie în mod necesar simetrică, cu elemente și volume în relație matematică între ele.

Simetria centrală, cea care definește distribuția uniformă a feliilor unei portocale sau a vârfurilor unei stele-de-mare, este din plin folosită în lumea clasică — să ne gândim la cupola Panteonului sau la Templul lui Hercule Învingătorul din piața Bocca della Verità din Roma.

Accepțiunea modernă a simetriei care, deși reunindu-se cu tradiția, presupune repetiții uniforme de forme și figuri, transformări sub translații și rotații, reprezintă o achiziție mai recentă. Din această nouă conștiință s-au născut adevărate bijuterii ale Renașterii, precum cupola bazilicii San Pietro a lui Michelangelo sau minunăția lui Bramante, Tempietto di San Pietro in Montorio.

Noțiunea modernă de simetrie a făcut posibilă o formalizare matematică care a găsit multe aplicații în domeniul științific. Pentru fizică, îndeosebi, simetria nu este doar o proprietate care implică armonie și eleganță în relații. Este un adevărat instrument de cercetare care a permis descoperirea unor noi legi ale naturii. Toate acestea s-au întâmplat grație lui Emmy Noether, poate cea mai mare matematiciană din istorie.

Tânăra cercetătoare germană a trebuit să sufere mulți ani înainte să poată preda la universitate; era o colaboratoare neplătită și cu greu suportată când, în 1918, a ajuns să formuleze relația care avea să schimbe chipul fizicii contemporane. Teorema lui Noether stabilește că oricărei simetrii continue a legilor fizicii îi corespunde o lege de conservare, adică o cantitate fizică măsurabilă care rămâne constantă.

Exemplele cele mai comune sunt simetriile care stau la originea principiilor de conservare ale mecanicii cuantice. Dacă un sistem urmează legile mișcării care nu se schimbă când se deplasează sistemul de referință — simetrie prin translație spațială —, atunci se conservă cantitatea de mișcare; dacă aceleași se dovedesc invariante prin translația continuă în timp, se conservă energie; dacă rămân neschimbate prin rotație, se conservă momentul cinetic și așa mai departe.

În fizica contemporană această relație dintre simetrie, transformări și mărimi fizice care se conservă va fi generalizată. Invarianța unor proprietăți fizice într-un sistem supus unor transformări va permite descoperirea și formalizarea de relații care vor pune bazele unei noi concepții a materiei. Se vor naște astfel principiile de conservare de mărimi fizice cu nume ciudate, care se vor dovedi decisive pentru descrierea celor mai mărunte componente ale materiei: stranietatea, izospinul, numărul leptonic și așa mai departe.

Conceptul de simetrie va deveni mai general, de aceea se va vorbi de simetrii continue sau discrete, locale sau globale, exacte sau aproximative — toate instrumente fundamentale pentru a înțelege dinamica particulelor elementare și a câmpurilor lor. Fără contribuția lui Emmy Noether toate acestea n-ar fi fost posibile.

Apogeul acestui efort va fi dezvoltarea Modelului Standard al particulelor elementare, o monumentală construcție cuprinzând cea mai îngrijită descriere a materiei de care dispunem în prezent.

Teoria cu cel mai mare succes a fizicii contemporane explică materia prin intermediul unui număr foarte limitat de componente: șase quarcuri și șase leptoni, organizate fiecare în trei familii diferite. Cele 12 particule de materie se combină împreună, sau interacționează între ele, făcând schimb de alte particule care transmit forțele: fotonul care transmite forța electromagnetică; gluonii care transmit forța tare; bosonii vectoriali W și Z care fac să se propage forța slabă. Particulele de materie, leptonii și quarcurile, au spin semiîntreg (½) și constituie familia fermionilor, în timp ce particulele care poartă forțele au spin întreg (1) și formează familia bosonilor. Cu această limitată listă de ingrediente se pot construi toate formele de materie cunoscute, atât cele stabile care populează viața noastră cotidiană, cât și cele exotice și efemere care se produc în acceleratoare sau în procese cu energie înaltă în miezul stelelor ori în timpul catastrofelor cosmice.

Teoria a avut imediat un succes răsunător grație imensei sale puteri predictive. Încă de când a fost formulată, în anii 1960, a produs ipoteze despre noi particule care au fost cu regularitate descoperite și a permis să se calculeze cu mare precizie noi mărimi care, odată măsurate, s-au dovedit în acord cu previziunile, uneori până la a zecea cifră zecimală.

Arhitrava Modelului Standard este unificarea interacțiunii electromagnetice cu cea slabă, acestea devenind astfel două manifestări diferite ale unei forțe unice, forța electroslabă.

Totul se naște încă o dată dintr-o simetrie. Primul care a întrevăzut-o a fost Enrico Fermi care avea puțin peste 30 de ani când a intuit că în spatele unui fenomen aparent marginal — radioizotopi care se dezintegrau emițând electroni — se ascundea o nouă forță fundamentală. Fermi a emis ipoteza unei puternice analogii formale între noua interacțiune și electromagnetism și a utilizat-o pentru a construi o descriere a noii forțe și a-i calcula constanta de cuplaj.

Mulți ani, noua forță va fi numită „interacțiunea lui Fermi". Își va schimba numele în interacțiune slabă abia după mult timp, pentru a aminti valoarea mică a acelei constante, G, care determină intensitatea forței și care, în onoarea celui care a descoperit-o, încă este numită „constanta lui Fermi".

Ideea inovativă a tânărului om de știință a deschis drumul acelei unificări de forță electromagnetică și forță slabă care, 30 de ani mai târziu, avea să constituie baza Modelului Standard al forțelor fundamentale.

În 1865, James Clerk Maxwell publica ecuațiile care puneau bazele teoriei unificate a fenomenelor electrice și magnetice: se năștea electromagnetismul. La distanță de un secol, istoria se repetă. Puțin după jumătatea anilor 1960, cei care vor confirma noua teorie sunt Steven Weinberg, Sheldon Glashow și Abdus Salam, cu contribuția determinantă a lui Gerardus 't Hooft. Electromagnetismul și forța slabă sunt două manifestări diferite ale aceleiași interacțiuni, care de aici încolo va trebui denumită electroslabă.

Descoperirea lui W și Z, bosonii vectoriali prevăzuți de noua teorie formulată de Carlo Rubbia în 1983, va marca triumful definitiv al Modelului Standard.

Sub suprafața succesului se ascundea totuși o fisură adâncă, o slăbiciune intrinsecă a teoriei care ar fi putut face să se prăbușească arhitrava și să provoace colapsul întregului edificiu.

Totul se năștea din cea mai simplă întrebare: cum e posibil ca cele două interacțiuni, atât de diferite între ele, să fie manifestări ale aceleiași forțe? Forța electromagnetică are rază de acțiune infinită, în timp ce interacțiunea slabă se manifestă doar pe infimele distanțe subnucleare. O lege generală a fizicii ne spune că raza de acțiune a unei forțe este invers proporțională cu masa particulei care o transportă. Fotonul are masă nulă și deci interacțiunea electromagnetică ajunge la distanțe enorme. Dimpotrivă, W și Z sunt foarte masive, cântăresc cât 80–90 de protoni, iar raza lor de acțiune este minusculă. Forța slabă acționează în interiorul nucleelor și de aceea nu ne-am dat seama de prezența ei până cu puțin timp în urmă.

Dar atunci cum poate fotonul, lipsit de masă, să medieze aceeași interacțiune electroslabă transportată de particulele W și Z? Ce diferențiază de fapt particulele W și Z de foton? Ce este, mai precis, mărimea pe care o numim masă?

Frumusețea simetriei distruse

Castelfranco Veneto este una dintre multele bijuterii ascunse ale Italiei. A păstrat structura originară a orașului fortificat, dezvoltat în interiorul castelului care îl apăra. Domul care a fost clădit așa cum trebuie în centrul orașului este o frumoasă construcție neoclasică. E o biserică de dimensiuni reduse, nimic comparabil cu marile bazilici. Dar imediat cum intri și ajungi la capela Costanzo, la dreapta prezbiteriului, ți se taie răsuflarea. Pe altar tronează Pala de Giorgione, capodoperă a pictorului din Castelfranco, a cărui casă natală se poate încă vizita în piațeta din apropiere.

Giorgio Barbarelli, pe numele lui adevărat, a avut o viață scurtă, dar a lăsat lumii opere memorabile. Are doar 25 de ani când, în 1503, începe să picteze icoana pe care i-a comandat-o Tuzio Costanzo, un condotier din Messina, angajat să conducă armatele Serenissimei. Vrea o icoană de altar pentru capela funerară a fiului lui, Matteo, răpus de malarie la 23 de ani, în împrejurimile orașului Ravenna, în timpul unei campanii militare.

Giorgione face o alegere care rupe tradiția. Înaintea lui, artiștii foarte mari — de la Piero della Francesca până la însuși maestrul lui, Giovanni Bellini — își plasaseră mereu personajele în centrul unei compoziții ideale, în interiorul unui joc de perspectivă solemn, care uneori amintea liniile bisericii în care erau amplasate tablourile. Giorgione păstrează puternica structură iconografică a piramidei, în vârful căreia stă Madona cu Pruncul, dar decide să spargă perspectiva și să o deschidă spre exterior. Tronul foarte înalt, supranatural, aproape metafizic, se detașează pe un peisaj de o blândețe sfâșietoare, cufundat într-o lumină uniform difuză care învăluie câmpii și coline. În personaje și fundal se celebrează triumful picturii tonale venețiene, tușa care îi diferenția pe pictorii Serenissimei de florentini, acea „pictură fără desen" despre care vorbea Giorgio Vasari în Viețile. O tehnică iscusită realizată cu straturi de culoare suprapuse, care evită orice tranziție bruscă între lumini și umbre, învăluind toate marginile într-un clarobscur egal

distribuit și delicat.

Tabloul mare are o dublă simetrie axială: sus-jos și dreapta-stânga. O mare bucată de pânză de catifea roșu-închis delimitează lumea pământească, cu pavimentul care imită tabla de șah, armonios și ordonat, pe care se sprijină baza tronului și cele două personaje de pe cele două laturi. Sus, lumea celestă care se detașează pe un peisaj de o melancolie dureroasă, având în centru figura Fecioarei Maria.

Simetria perfectă este ruptă în partea de sus de imaginea Pruncului, așezat pe genunchiul drept al Madonei, căzut pe gânduri, conștient fiind de destinul său. În partea de jos, cele două personaje au aceeași postură și sunt poziționate perfect simetric față de axa mediană a picturii; ambele se uită drept în ochii privitorului și îl transportă în interiorul reprezentării, dar contrastul dintre ei n-ar putea fi mai aprins. Sfântul Francisc, în partea dreaptă, îmbrăcat cu o tunică umilă în care a mers la Damietta, lipsit de apărare și dezarmat, ca să ducă mesajul lui de pace sultanului Egiptului, al-Malik al-Kamil. În partea stângă, în schimb, armura strălucitoare a Sfântului Nicasie, călugăr-războinic al Ordinului Ospedaliero al Sfântului Ioan din Ierusalim. A luptat, în calitate de cruciat, pe Pământul Sfânt și, luat prizonier în bătălia de la Hattin, a fost decapitat în prezența lui Saladin, unchiul sultanului care, ani mai târziu, va dialoga pașnic cu sfântul din Assisi. Nicasie are stindardul ordinului religios cavaleresc, steagul cu crucea care va deveni însemnul Cavalerilor de Malta, și lancea care îl susține este ultimul și cel mai important element de rupere a tuturor simetriilor: invadând spațiul ceresc, rupe împărțirea dintre cele două lumi și, în fine, sparge cu o diagonală agresivă ordinea verticală a compoziției. Iată, într-o singură pictură, acea rupere a simetriei mânuită cu măiestrie absolută care face tabloul să devină o capodoperă de noutate și de frumusețe.

Farmecul „simetriei distruse“ se regăsește în multe realizări artistice. Ritmul ordonat al simetriei perfecte conferă pace sufletească și liniștește, dar riscă să fie monoton; nu emoționează, pentru că nu produce surpriză; elementul de rupere neliniștește, dar totodată stârnește curiozitatea, ne îndeamnă să părăsim certitudinile și să încercăm să înțelegem unde ne duce această stricare a echilibrului. Șovăim o clipă, ne cuprinde o oarecare teamă față de noutatea neașteptată și riscurile pe care ea le presupune; apoi artistul ne liniștește aducându-ne din nou în compoziția bine cunoscută. Ca atunci când am urmărit o variațiune pe tema dominantă a simfoniei, ne-am temut că ne rătăcim și ne-am înseninat abia când am regăsit-o, într-un fel de îmbrățișare, consolatoare, finală. Toate acestea sunt tehnici cunoscute și practicate cu măiestrie de mari pictori sau muzicieni geniali ca Bach și Mozart. Se naște din această diferență secretul fascinației imposibil de depășit al marilor capodopere, de la neobișnuita înclinare a Turnului din Pisa la surâsul asimetric și seducător al Mona Lisei, până la sculpturile în bronz aurit ale lui Arnaldo Pomodoro: acele sfere șlefuite și perfecte, fiice ale unei relații matematice magice, pe care el o distruge și o descompune, arătând interiorul chinuit.

Dacă ruperea simetriei în domeniul artistic este un gest deliberat care creează fascinație și uimire, de ce natura pare că nu poate rezista în fața aceleiași tentații?

Universul ieșit din faza inflaționară este domnia perfecțiunii. Legile fizicii care îl reglementează sunt minunat de simetrice. De ce să rupi un mecanism atât de perfect?

Pentru a înțelege rolul structurii spontane de simetrie pentru fizică se poate recurge la un exemplu mecanic: un creion sprijinit în vârful lui pe o suprafață plană. Starea inițială a sistemului este perfect simetrică. Creionul se poate roti în jurul axei lui și legile fizicii rămân aceleași, deoarece câmpul gravitațional este simetric pentru rotații în jurul axei verticale. E un mod de a spune că dacă ar cădea pe plan, creionul ar putea-o face în orice direcție. Starea simetrică este instabilă și, lăsat singur, creionul va cădea. Pe planul orizontal creionul este stabil, dar a rupt simetria de rotație a câmpului gravitațional pentru că ales o anumită direcție. Căzând pe plan, creionul a pierdut energie și simetrie, dar a câștigat stabilitate și multiplicitate.

Ceva de genul acesta s-a întâmplat în universul primordial. Starea incandescentă inițială are un nivel ridicat de simetrie, dar este instabilă; răcindu-se, pierde simetria și capătă stabilitate.

Dar care era starea cu energia cea mai scăzută în care universul se situa? Ce mecanism putea face astfel ca simetria electroslabă să se rupă spontan?

Problema se pusese încă de la primele începuturi ale teoriei electroslabe și fuseseră propuse diverse soluții, niciuna dintre ele cu adevărat convingătoare. Ideea corectă le-a venit în 1964 unor tineri oameni de știință, care aveau cu puțin peste 30 de ani: Robert Brout și François Englert, doi belgieni, și un englez aproape de aceeași vârstă cu ei, Peter Higgs.

Încă o dată niște tineri propun o idee nouă, în afara schemelor, pe care inițial nimeni nu o ia în considerare, pentru că este într-adevăr revoluționară.

Dacă ecuațiile celor două interacțiuni sunt aceleași, ceea ce rupe simetria nu poate fi decât mediul în care se propagă. Adică spațiul vid. Cu alte cuvinte, spațiul vid este cel care „rupe simetria“, pentru că spațiul vid nu e... vid. Un câmp ocupă toate cotloanele universului din vremuri imemoriale. Câmpul Higgs, produs de o particulă scalară fundamentală, este cel pe care trebuie să-l adăugăm la particulele Modelului

Standard. Doar așa se poate explica cum anume forța electromagnetică și cea slabă au comportamente atât de diferite, încât să nu pară înrudite nici pe departe.

În schimb, în micul univers incandescent al originilor, câmpul Higgs se găsea într-o stare de efervescență care făcea totul perfect simetric. La scăderea temperaturii, el a înghețat într-o stare de echilibru cu energie mai scăzută care rupe simetria originară. Particulele W și Z devin masive pentru că rămân prinse, greoi, în câmpul care le ține captive, în timp ce fotonul continuă să hoinărească pretutindeni, lipsit de masă: nici nu-și dă seama de noutate, pentru că acel câmp nici măcar nu-l gâdilă.

Un mecanism analog explică de ce leptonii și quarcurile au mase atât de diferite între ele. Și ele apar, toate, în mod democratic, lipsite de masă. Câmpul Higgs este cel care selectează și deosebește între ele particulele masive de cele ușoare. Cu cât este mai puternică interacțiunea cu câmpul, cu atât mai mare este masa particulei.

Totul era convingător, în mod elegant... cu excepția unui mic detaliu. Exista cu adevărat acest câmp Higgs? Cine putea fi sigur că acea soluție elegantă e într-adevăr cea aleasă de natură? Dacă exista un câmp pe undeva, trebuia să iasă la iveală particula asociată: era începutul marii curse pentru descoperirea bosonului Higgs.

Descoperirea bosonului Higgs

A fost nevoie să se aștepte aproape 50 de ani pentru a verifica dacă mecanismul Higgs este într-adevăr responsabil de ruperea simetriei electroslabe. Atât a durat căutarea celei mai echivoce particule din istoria fizicii.

Teoria nu prevedea ce masă trebuia să aibă bosonul Higgs, care putea deci să se ascundă oriunde. Decenii la rând, oamenii de știință din toată lumea au făcut eforturi supraomenești ca să încerce să prindă noua particulă, fără să obțină rezultate. Acum, că am descoperit-o, știm că asta s-a întâmplat pentru că bosonul Higgs era atât de greu, încât energia acceleratoarelor în funcțiune până în 2010 nu era suficientă ca să-l producă. Punctul de cotitură s-a obținut odată cu construirea LHC, marele accelerator al CERN din Geneva.

Acceleratoarele de particule sunt mașini ale timpului moderne: ne poartă înapoi cu miliarde de ani, permițându-ne să studiem fenomenele de la originea universului nostru. Coliziunile care au loc în spațiul vid duc la crearea de particule materiale. E o aplicație a faimoasei relații de echivalență între masă și energie a lui Einstein. Când un fascicul de particule se lovește de un altul, energia ciocnirii se poate transforma în masă, $E = mc^2$ — cu cât este mai mare energia, cu atât mai grele sunt particulele care se pot produce și studia în toate detaliile. Sunt deci fabrici de particule care nu mai există, care aduc din nou la viață, pentru fracțiuni de secundă, forme de materie dispărute imediat după Big Bang.

În prezent, LHC este cel mai puternic accelerator în funcțiune din lume. Două fascicule de protoni compuși din mii de pachete circulă în direcții opuse printr-un tub gol cu circumferința de 27 de kilometri. În fiecare pachet sunt concentrate mai mult de 100 de miliarde de protoni care sunt accelerați de câmpuri electrice foarte intense, în timp ce magneți puternici le deviază traiectoriile ca să-i țină pe orbită și să-i facă să intre în coliziune. Energia din LHC este de 13 TeV, dar pentru că protonii sunt alcătuiți din quarcuri și gluoni, coliziunile lor sunt destul de complicate și doar o parte a energiei disponibile, câțiva teraelectronvolți, se poate transforma în particule masive. Protonii grei, oricum, pierd puțină energie prin iradiere și e deci ușor să-i împingi la energii mai înalte. De aceea, acceleratoarele cu protoni sunt aparatele cele mai potrivite pentru descoperirea directă de particule noi.

Acceleratoarele cu electroni au o funcție complementară. Fiind vorba de particule punctiforme, coliziunile lor sunt mult mai simple și toată energia coliziunii se poate exploata pentru a produce particule noi. Sunt aparatele ideale pentru a face măsurători de mare precizie și a încerca să descoperi particule noi indirect, adică prin căutarea de anomalii fine.

Dezavantajul acceleratoarelor cu electroni este că nu permit să atingi energii prea înalte. Particulele ușoare ca electronii, când se mișcă pe orbite circulare, iradiază mari cantități de fotoni și lasă să le scape în acest fel o fracțiune semnificativă a energiei lor. Această pierdere sporește drastic la creșterea energiei și în cele din urmă constituie o barieră de netrecut care limitează energiile potențiale pentru descoperirea directă de particule noi.

Energiile care izvorăsc din coliziunile de particule produse de acceleratoare sunt nesemnificative dacă sunt raportate la viața noastră cotidiană. Dar acolo, concentrate în spațiul infim în care au loc aceste ciocniri, se recreează condițiile extreme care nu se mai produseseră din vremurile Big Bangului. În aceste coliziuni, ascunse printre nenumărate fenomene foarte cunoscute și mai convenționale, s-au produs evenimente speciale care ne-au permis să identificăm bosonul Higgs.

Rezultatul a fost posibil grație muncii a două grupuri distincte de cercetare care se numesc ATLAS și CMS și sunt compuse fiecare din mii de oameni de știință. Opțiunea de a avea două experimente când se caută particule noi este aproape obligatorie. Semnalele vânate sunt atât de rare și posibilitățile de a greși, atât de mari, încât doar având două experimente independente, bazate pe tehnologii diverse și conduse de grupuri diferite de oameni de știință, este posibil să ajungi la certitudinea că nu e vorba de o alarmă falsă.

ATLAS și CMS au fost concepute pentru a lucra în manieră total independentă și între ele există o competiție foarte puternică: dacă unul reușește să descopere primul noua stare a materiei și celălalt ajunge acolo după, când poate doar confirma rezultatul, toată gloria descoperirii va merge la primul. De aceea, oamenii din cele două grupuri nu au un somn liniștit: coșmarul că ceva merge greșit sau că celălalt grup câștigă cursa pândește mereu după colț.

Printr-o serie întreagă de circumstanțe, la limita neverosimilului, s-a întâmplat în schimb că cele două experimente au funcționat la perfecție și cele două grupuri au câștigat cursa împreună. Au identificat în același timp primele semne ale prezenței bosonului Higgs în date și apoi, când semnalul era atât de puternic încât nu mai lăsa loc îndoielilor și precauțiilor, împreună au anunțat lumii, în 2012, descoperirea unei particule noi. Nou-venitul are o masă de 125 GeV și s-a dovedit, în mod absolut, similar bosonului Higgs prevăzut de „tinerii din 1964“.

Cu acest rezultat, Modelul Standard a celebrat un nou triumf care va fi confirmat de premiul Nobel, atribuit în 2013 lui François Englert și Peter Higgs, cei doi rămași în viață din trioul tinerilor oameni de știință care au lansat primii ipoteza existenței particulei cu pricina.

Cine a rupt simetria între materie și antimaterie?

Acum, că am descoperit particula nouă, lucrurile devin mai clare: putem să înțelegem mai bine când s-a întâmplat tranziția și să trasăm contururile mecanismului de rupere spontană a simetriei electroslabe.

Ora X depinde de masa bosonului Higgs căruia îi corespunde o temperatură precisă a universului primordial, atinsă la 10-11 secunde după Big Bang. Pornind din acel moment, interacțiunea electromagnetică se separă definitiv de cea slabă și începe un lung proces care va duce până la noi. Precum creionul care cade pe masă, universul a pierdut simetria, dar a dobândit multiplicitate și stabilitate. Tot ce ne înconjoară, minunăția acestei infinite varietăți de forme care încă ne uimește, nu se putea naște dacă nu s-ar fi rupt simetria infernală care o ținea captivă. Sărutul bosonului Higgs a rupt vraja care o ținea prizonieră pe prințesă în perfecțiunea aducătoare de moarte a uniformității absolute. Din acea diferență, din acel mic defect primordial a izvorât totul.

Astăzi se poate descrie potențialul asociat cu noul câmp scalar și se poate înțelege mai bine mecanismul care a avut un rol atât de important în construirea structurii materiale a universului.

Poate că în acel moment magic se ascunde și cheia pentru a rezolva misterul antimateriei; de aceea, odată cu descoperirea bosonului Higgs, își fac apariția noi ipoteze.

Prima idee despre antimaterie datează din 1928 și se naște, aproape din întâmplare, din calculele lui Paul Adrien Maurice Dirac. Foarte tânărul om de știință englez, avea 26 de ani la vremea aceea, încerca să formuleze o teorie care să explice comportamentul particulelor subatomice la energii înalte. Ca s-o facă, trebuia să împace transformările datorate efectelor relativiste cu descrierea particulelor oferită de mecanica cuantică. Când a definit ecuația relativistă a mișcării pentru electroni, și-a dat seama cu stupoare că era valabilă și pentru electronii pozitivi. Ceea ce inițial părea o pură coincidență formală, curând a fost considerată descoperirea unei alte simetrii fundamentale a naturii. Mecanica cuantică relativistă ne spune că pentru orice particulă cu sarcină trebuie să existe o altă particulă cu masă identică, dar de sarcină opusă — cea pe care azi o numim antiparticulă.

Ideea că pot exista componentele elementare ale unei antilumi era atât de bizară, încât la început nimeni n-a luat-o în serios. Lucrurile s-au schimbat când un alt tânăr fizician, Carl David Anderson, de 27 de ani din Caltech, și-a concentrat atenția asupra anumitor urme care apăreau în detectorul cu care studia razele cosmice. După infinite verificări, concluzia lui a fost foarte clară: era vorba de particule care aveau aceeași masă a electronului, dar sarcină pozitivă. Fuseseră descoperiți primii pozitroni; antimateria, deși rară, era o componentă reală a lumii noastre materiale.

De atunci, cu impecabilă regularitate, pe măsură ce creștea catalogul cu noi particule, se îmbogățea în paralel și cel al partenerilor de sarcină opusă.

Antimateria a devenit de-acum destul de comună. Se produce, pentru a fi utilizată sau pentru a i se studia proprietățile, în multe acceleratoare de particule, dar este folosită și în proceduri clinice de rutină în

multe spitale. Exemplul cel mai comun este PET, tomografia cu emisie de pozitroni, un examen de diagnoză care permite reconstituirea unor imagini funcționale ale unor organe pornind de la dezintegrarea de pozitroni și electroni.

Una dintre proprietățile care au impresionat cel mai mult imaginarul colectiv este tocmai această caracteristică: particule și antiparticule care vin în contact se transformă în perechi de fotoni cu energie totală egală cu masa sistemului inițial. Această transformare foarte eficientă de materie și antimaterie în energie a dus la nașterea unor întregi tradiții științifico-fantastice.

În realitate, nicio reacție nu poate concura cu procesul de anihilare. Energia care s-ar putea produce combinând un kilogram de materie cu un kilogram de antimaterie ar fi de 70 de ori mai mare față de cea generată producând fuziunea nucleară a unui kilogram de hidrogen în heliu și de patru miliarde de ori mai mare față de cea produsă de combustia unui kilogram de petrol. Problema este că până acum nimeni nu a găsit un mecanism eficient care să producă mari cantități de antimaterie. Acceleratoarele de particule produc cantități infime, fapt ce presupune costuri de energie și materiale colosale. S-a estimat că, pentru a produce 10 miligrame de pozitroni, ar fi nevoie de cheltuirea a 250 de milioane de dolari. În fine, antimateria ar costa 25 de miliarde de dolari pe gram, dovedindu-se materialul cel mai rar și mai scump de pe Pământ. Deocamdată, așadar, proiectul de a construi astronave cu propulsori pe bază de antimaterie, ca Enterprise din Star Trek, se dovedește neconvenabilă.

Încă de la primele lui formulări, conceptul de antimaterie este însoțit de o chestiune la care fizica n-a știut încă să dea răspuns: dacă ecuațiile sunt simetrice și descriu în mod echivalent comportamentul de materie și antimaterie, de ce lumea noastră este dominată de materie? E firesc să te gândești că, la sfârșitul fazei inflaționare, energia în exces a extras din spațiul vid cantități egale de materie și de antimaterie. Dar antimateria pare definitiv dispărută din universul care ne înconjoară. Ce s-a întâmplat cu ea?

Pentru a răspunde la această problemă grea lucrează mii de cercetători care urmează căi foarte diferite între ele. Prima presupune că este posibil să fi scăpat mari concentrații de antimaterie în regiunile spațiului încă neexplorate; întregi lumi compuse din antimaterie, gigantice galaxii de antiprotoni și pozitroni care au scăpat până acum tuturor observațiilor.

În a doua cercetare, ipoteza este că totul se datorează unei diferențe fine de comportament între materie și antimaterie, o mică anomalie, care rupe simetria originară și stă la baza a tot. S-au condus studii detaliate și, într-adevăr, s-au găsit diferite mecanisme care dau materiei o foarte ușoară preponderență în procese de dezintegrare a particulelor și antiparticulelor. Aceste diferențe sunt prevăzute de Modelul Standard, dar preferința acordată materiei se dovedește prea mică pentru a explica excesul pe care îl observăm în jurul nostru.

În fine, în ultimii ani s-a propus o altă ipoteză. Totul ar fi putut fi determinat de ceva foarte special care s-a întâmplat tocmai când bosonul Higgs a ocupat centrul scenei și a rupt acea perfectă simetrie care domina universul primordial. Se poate să fi fost de ajuns o ușoară preferință de cuplaj cu particule, și nu cu antiparticule, și iată că se produce universul material care ne înconjoară.

Dar își fac apariția și alte ipoteze. Că antimateria s-a născut tocmai din modalitățile în care a avut loc tranziția de fază. În funcție de viteza cu care s-a realizat această trecere, o anomalie locală ar fi putut deveni proprietate generală a noului sistem și în acel moment s-ar fi creat bifurcația. Universul nostru material ar fi apucat-o pe calea materiei, părăsind-o definitiv pe cea a antimateriei.

Pentru a studia în detaliu aceste fenomene va fi nevoie să se producă zeci de milioane de bosoni Higgs și să li se măsoare în detaliu cele mai mărunte caracteristici, în căutarea oricărei posibile anomalii. Sunt studiile realizate cu LHC, pe măsură ce este crescută luminozitatea aparatului pentru a produce mai multe coliziuni. Dar e posibil ca, pentru a înțelege cu adevărat ce s-a întâmplat, să fie nevoie de construirea unui accelerator și mai puternic. Atât de energetic, încât să perturbe câmpul Higgs și să reconstituie toate etapele acelei tranziții fatale, studiindu-i-se comportamentul departe de acea poziție comodă de echilibru în care se odihnește de miliarde de ani.

Cea mai profundă dintre simetrii

Sub numele de supersimetrie se ascunde în realitate o familie complexă de teorii care au în comun ipoteza că orice particulă cunoscută are un partener supersimetric, adică o particulă care îi seamănă perfect, cu excepția faptului că este mult mai grea și are un spin diferit, care diferă cu ± 1/2. Fermionilor obișnuiți, cu spin semiîntreg 1/2, le corespund așadar bosoni supersimetrici cu spin întreg (0, 1), în timp ce bosonilor obișnuiți le corespund fermioni supersimetrici. În superlume, fermionii sunt cei care poartă interacțiunile și bosonii — cei care constituie materia.

Teoria prevede că această formă superioară de simetrie s-a rupt și ea în primele clipe de după Big Bang. Cu alte cuvinte, particule supersimetrice populau mediul incandescent al universului primordial în proporție egală în raport cu materia normală. Dar răcirea rapidă datorată expansiunii a produs dispariția în masă. Devenind imposibil pentru ele să supraviețuiască, s-au dezintegrat aproape imediat în materie normală și de aceea nu se mai găsesc în jur.

În realitate, este posibil să fi existat niște excepții. Teoria prevede că pot exista particule supersimetrice stabile, mai precis că nu se pot dezintegra în nimic altceva. Aceste particule grele, care ar interacționa doar slab, ar putea să alcătuiască enorme aglomerări capabile de o atracție gravitațională intensă. Dacă ar fi așa, asta ne-ar permite să înțelegem originea materiei întunecate care ține laolaltă galaxii și roiuri de galaxii. Aceste enorme concentrări de particule supersimetrice stabile ar putea fi rămășița fosilă a acelei epoci primordiale în care materia supersimetrică domina lumea.

Farmecul lui SUSY, acronimul cu care este indicată totalitatea teoriilor supersimetrice, provine și din faptul că din teorie ar rezulta un scenariu mai simplu pentru unificarea interacțiunilor fundamentale și ar fi un loc special și pentru bosonul Higgs. Particula descoperită în 2012 ar fi în realitate prima dintr-o întreagă familie de super-Higgs și supersimetria ne-ar permite să înțelegem mai bine de ce are o masă de 125 GeV. Particule supersimetrice virtuale l-ar proteja de instabilitatea care chinuie, prin efecte cuantice, un scalar cu acea masă, construindu-i în jur un fel de armură protectoare.

Însă pentru ca teoria să fie verificată, nu este de ajuns să fie elegantă și să se bucure de o popularitate semnificativă printre fizicienii teoreticieni. E nevoie ca aceste particule atât de ciudate să fie identificate în datele vreunui experiment și asta până acum nu s-a întâmplat. E posibil ca teoria să fie greșită. Sau particulele supersimetrice ar putea fi atât de grele, încât nici cu LHC să nu reușim să le producem. În acest caz, ne-am putea da seama de prezența lor prin intermediul efectelor lor virtuale. Particule ultramasive pot să plutească ușor ca niște fantome în jurul particulelor cunoscute și să interfereze cu mecanismele prevăzute de Modelul Standard. Ce a fost făcut până acum nu este de ajuns, pentru că se caută particule cu caracteristici foarte diferite. S-ar ivi anomalii care ar putea fi înregistrate de detectoarele noastre și constitui o importantă descoperire „indirectă" a noii fizici.

Iată deci că vânarea supersimetriei continuă pe mai multe fronturi simultan. Profitând de creșterea de energie a LHC, care din 2015 funcționează la 13 TeV, se speră că se va reuși producerea acelor particule masive care au scăpat tuturor cercetărilor de până acum. În același timp, se caută verii bosonului Higgs în regiunea care a fost deja explorată în căutarea scalarului Modelului Standard. Ce s-a făcut până acum nu este suficient, pentru că se caută particule cu caracteristici foarte diferite. Verii supersimetrici ai bosonului Higgs au moduri de producere și dezintegrare speciale și trebuie deci să se elaboreze strategii foarte specifice. E apoi nevoie de o mare cantitate de date, pentru că ar putea fi particule mai dificil de produs și mai rar de găsit.

Independent de toate astea, continuă studiile despre bosonul Higgs la 125 GeV. Modelul Standard îi prezice toate caracteristicile cu mare precizie. Până acum tot ce am văzut se potrivește cu previziunile, dar precizia noastră este limitată de cantitatea mică de bosoni pe care am reușit să-i producem și să-i reconstituim. Pentru multe procese de dezintegrare, incertitudinea măsurătorilor noastre este încă foarte ridicată și ar putea ascunde anomaliile prevăzute de SUSY.

Cu LHC continuă o muncă de analiză, precisă, răbdătoare și sistematică. Nu va fi lăsat nimic neîncercat pentru a căuta semnale clare de supersimetrie, cu speranța secretă că bosonul Higgs, de puțin timp descoperit, poate îndeplini rolul de portal care se deschide spre noua fizică și că tot ce s-a întâmplat în 2012 poate fi prima verigă dintr-un lung lanț de descoperiri.

Acceleratoarele viitorului

Fizica trăiește un moment de profundă transformare. Acum, când a fost găsită ultima particulă care lipsea încă la apel, Modelul Standard al interacțiunilor fundamentale este așadar complet. Dar, în momentul precis în care se celebrează un alt triumf al acestei teorii, toți sunt conștienți că lista fenomenelor pentru care ea nu oferă nicio explicație este atât de lungă, încât e într-adevăr stânjenitor.

Încă nu se înțelege dinamica exactă a inflației, nici nu se reușește unificarea în manieră coerentă a forțelor fundamentale, inclusiv gravitația. Sunt total necunoscute mecanismele care au dus la dispariția antimateriei, ca să nu mai vorbim de fenomenele care ar putea explica materia și energia întunecată.

Toți sunt conștienți că, mai devreme sau mai târziu, Modelul Standard va trebui să fie redimensionat. Probabil că va deveni un caz particular al unei teorii mai generale, capabilă să ofere o nouă și mai completă descriere a naturii. Frumusețea muncii de cercetare este că nimeni nu știe când s-ar putea întâmpla asta. Fiecare zi ar putea fi cea bună: e de ajuns ca în ultimele analize ale datelor de la LHC să se

ivească o nouă stare a materiei; sau poate că va fi nevoie de ani de încercări și eventual o nouă generație de acceleratoare.

Iată că, în timp ce se continuă munca, deja se proiectează instrumentele viitorului. Perioadele pentru dezvoltarea și punerea în operă a unui nou accelerator se măsoară în decenii. Primele discuții despre LHC au început la jumătatea anilor 1980 și noul aparat a fost terminat în 2008. Dacă ne gândim la un nou accelerator care să înceapă operațiunile în 2035-2040, este momentul să acționăm. Nu este o întâmplare că la începutul lui 2019 CERN a publicat raportul care descrie proiectul FCC, acronimul pentru Future Circular Collider, acceleratoarele ce-i vor urma lui LHC.

FCC este un grup de studiu internațional care are scopul de a realiza un proiect, de a defini infrastructurile și de a estima costurile pentru un collider de 100 de kilometri care se va construi la CERN. Proiectul prevede, într-o primă fază, un accelerator care va produce coliziuni între electroni și pozitroni, FCC-EE, care va fi pe urmă convertit într-un aparat proton-proton, FCC-HH, urmând schema de succes deja utilizată la CERN cu secvența LEP și LHC.

Propunerea, apărută în 2014, a obținut imediat un sprijin foarte mare din partea comunității internaționale. Acțiunea vede implicați peste 1 300 de fizicieni și ingineri proveniți de la 150 de universități, institute de cercetare și parteneri industriali. Rezultatul studiului este un raport detaliat care constituie baza pentru a defini noua strategie europeană în domeniul acceleratoarelor de particule.

Decizia de a construi această nouă infrastructură ar fi trebuit luată în 2020. Într-un scenariu realist, s-ar putea începe construcția FCC-EE în 2028 și iniția operațiunile înainte de 2040. Aparatul cu protoni este în schimb mai complex și ar presupune alți ani de dezvoltare pentru producția pe scară industrială a magneților. Începutul lui FCC-HH s-ar situa între 2050 și 2060.

În fine, se iau decizii cruciale care vor determina limitele cercetării științifice de bază pentru un secol întreg.

Din punctul de vedere al cercetării, combinația succesivă a celor două acceleratoare este configurația optimă. Se prezintă ca un fel de încolțire pentru a nu lăsa cale de scăpare noii fizici, oriunde s-ar ascunde.

Aparatul cu electroni și pozitroni este mediul ideal pentru a realiza măsurători de precizie ale bosonului Higgs și ale parametrilor fundamentali ai Modelului Standard. E prevăzut ca noul accelerator să funcționeze mai întâi la 90 GeV pentru a produce o enormă cantitate de particule Z, pentru ca apoi să treacă la 160 GeV pentru a genera perechi de particule W, să urce la 240 GeV pentru a produce milioane de bosoni Higgs în asociere cu particulele Z și, în fine, să atingă 365 GeV pentru a crea particule top, cele mai grele dintre quarcuri.

Noile particule, care ar explica materia întunecată sau noi interacțiuni care ne-ar duce la dimensiunile ascunse ale universului nostru, ar putea fi descoperite în mod indirect prin intermediul celor mai incredibile măsurători de precizie ale parametrilor Modelului Standard care au fost vreodată concepute.

Dacă nu va fi suficientă precizia, se va trece la forța brută. Cu 100 TeV de energie a FCC-HH va deveni posibilă explorarea unei scări de energie de șapte ori mai mare decât la LHC. Oricare ar fi starea nouă a materiei, de masă cuprinsă între câțiva teraelectronvolți și câteva zeci de teraelectronvolți, ar fi identificată direct; se va putea înțelege dacă bosonul Higgs e elementar sau are o structură internă și va fi posibil să se studieze acele detalii ale ruperii spontane a simetriei electroslabe care s-ar putea dovedi decisivă în înțelegerea predominanței materiei în lume.

Costurile proiectului sunt semnificative. Va fi nevoie de 9 miliarde de euro pentru a săpa tunelul și a asigura echipamentele pentru aparatul cu electroni. Vor trebui alte 15 pentru a construi puternicii magneți necesari pentru FCC-HH. Totuși, dacă se ia în considerare intervalul de timp în care va fi distribuită investiția și se ține cont de contribuțiile financiare care vor putea proveni din toată lumea, acțiunea pare cu siguranță posibil de susținut. Fără îndoială Europa, cu FCC, lansează provocarea și ocupă centrul scenei în dezbaterea mondială despre acceleratoarele viitorului.

Statele Unite, lider indiscutabil al domeniului până acum câteva decenii, mențin un statut modest și par resemnate să joace un rol secundar. Complet diferit este cazul tigrilor asiatici, nu doar Japonia, ci și Coreea de Sud și mai ales China.

Investițiile în cercetarea fundamentală cresc de la an la an în China. Și cu procente la care noi, europenii, nici măcar nu îndrăznim să visăm. Între 2000 și 2010 aceste investiții s-au dublat și deja China cheltuie mai mult decât întreaga Europă pentru cercetare și dezvoltare. A lansat și un ambițios program de explorare spațială care cuprinde o stație științifică orbitală și o misiune de explorare pe Lună și inaugurează în fiecare an zeci de universități noi și importante infrastructuri de cercetare.

Clasa conducătoare chineză demonstrează că a înțeles importanța investițiilor în știința fundamentală care permit țării să intre în elita tehnologică mondială. Dar proiectul lor este mult mai ambițios: nu vor doar să participe, au decis că vor să fie primii în activități pe care le consideră de importanță strategică pentru o superputere al cărei obiectiv este să conducă întreaga lume.

Nu e o întâmplare faptul că, pentru fizică, gigantul asiatic propune CEPC (Circular Electron Positron Collider), un proiect foarte asemănător cu FCC-ul nostru: un inel de 50–70 de kilometri care ar găzdui fabrica lui Higgs, un collider electron-pozitron de 240 GeV, pentru ca apoi să treacă la un accelerator cu protoni capabil să producă coliziuni de 50-70 TeV în centrul masei.

Aparatul ar putea fi construit în regiunea Qinghuada, o zonă deluroasă aproape de mare, la 300 de kilometri de Beijing, cunoscută ca „Toscana Chinei". Săparea unui tunel de zeci de kilometri în China are costuri mult inferioare comparativ cu Europa și, în plus, chinezii ar părea dispuși să acopere o bună parte din ele.

În fine, propunerea lui FCC, care vine tocmai într-o perioadă de criză și diviziuni care traversează Europa, ar putea fi ocazia potrivită pentru a începe din nou să gândim în mare. Dacă Europa, continentul nostru, înțelege să joace un rol decisiv în dezvoltarea inovației și a cunoașterii neacceptând să cedeze altora poziția de lider în sectoare strategice precum fizica fundamentală, FCC constituie o mare oportunitate.

Iată că studierea a ceea ce s-a întâmplat la originile universului nostru cu 13,8 miliarde de ani în urmă se intersectează cu provocările științifice, tehnologice și poate chiar și politice ale momentului.

Ziua 3. Nașterea nemuritorilor

Evenimentul traumatic care a separat pentru totdeauna forța slabă de cea electromagnetică tocmai a avut loc și, în aparență, nimic nu s-a schimbat. Spațiul vid electroslab care s-a instaurat pretutindeni nu se vede și nici nu se poate atinge. Dar îl simt componentele acelui sistem haotic, frenezie dezlănțuită de obiecte punctiforme care se învârtejesc peste tot.

Nou-venitul diferențiază comportamentul fiecărei componente, atribuie roluri, definește funcții. E ca și cum, în sistemul dezordonat și nediferențiat, s-ar fi instaurat brusc o orânduire interioară, încă invizibilă, care va duce repede la transformări ireversibile. Anarhia aparentă care domină interacțiunile multiple ascunde acum o tramă fină de ierarhii și de organizare. Din acest moment transformările vor fi profunde. O serie impunătoare de evenimente va conduce unele componente elementare să se condenseze în forme tot mai stabile de organizare. Sunt începuturile unei lumi materiale durabile, se consolidează mica temelie pe care va lua formă marea construcție și în curând vom reuși să recunoaștem elemente care ne sunt familiare.

Universul a atins de-acum o dimensiune de 100 de miliarde de kilometri și-și continuă totuși expansiunea imposibil de oprit. Temperatura lui, deși scade rapid, se măsoară încă în mii de miliarde de grade. În agitația spasmodică a componentelor lui încep să se perceapă diferențe de comportament și unele regularități. Peste puține clipe, odată cu reducerea temperaturii, cele mai ușoare particule quarc vor îngheța într-o stare particulară. Un sistem complicat și genial, o stare legată din quarcuri și gluoni care ocupă o discretă porțiune de spațiu vid; o casă foarte confortabilă, un spațiu din abundență, fără îndoială confortabil pentru găzduirea a trei particule quarc și a unui anumit număr de gluoni; un adevărat parc de distracții pentru componente elementare care vor fi libere să se urmărească una pe alta și să se lipească una de alta, înconjurate de particule virtuale care le leagă într-o îmbrățișare haotică și învârtejită. Mediul este atât de bine alcătuit, încât va dura veșnic. Se nasc primii protoni, constituenți de bază ai oricărei structuri materiale mai complexe, atât de solizi și bine organizați, încât pot fi considerați, în mod virtual, nemuritori. Multe alte forme de organizare a materiei vor fi instabile, se vor transforma în altceva, poate după o fracțiune de secundă sau după un milion de ani. Nu va fi așa pentru proton, a cărui viață medie va fi atât de imens de lungă încât, prin comparație, cele 13,8 miliarde de ani ai universului se vor putea considera un eveniment de durată nesemnificativă.

Totul este încă incandescent, dar în curând universul întreg va sfârși sub stăpânirea Geniului Rece, a cărui domnie nu va fi temporară, ca în Regele Arthur de Henry Purcell. Marele compozitor baroc îl face să se trezească din mormântul lui rece, de sub mantia zăpezilor perene, prin impulsul unei forțe primordiale care în univers nu există. Mediul glacial care ne înconjoară nu cunoaște primăveri; Persefona, fiica Demetrei răpită de zeul Infernului, a mâncat toate semințele de rodie și nu va mai putea urca la suprafață.

În acest loc atât de neospitalier, nimic nu este mai adaptat să supraviețuiască decât protonii. Ei vor constitui celula primordială de note care va fi folosită pentru a compune simfoniile cele mai complexe. Combinată în infinite variante, va da naștere celor mai neobișnuite variații și celor mai încurajatoare recurențe, pornind de la o noutate iminentă din care va începe o serie de alte transformări.

Masa specifică pe care, prin interacțiune cu spațiul vid electroslab, au căpătat-o electronii le va permite să orbiteze în mod stabil primii protoni în așa fel încât se vor putea forma atomi și molecule. Astfel se vor produce imense nebuloase de gaz din care se vor naște primele stele și apoi galaxiile, și planetele, și sistemele solare până la primele organisme vii, treptat tot mai complexe, pentru a ajunge, în ultimă instanță, până la noi. Acea serie de sunete minunate este pe cale să înceapă. Rămâneți să ascultați.

Lichidul perfect

De la Big Bang a trecut doar o microsecundă (10-6, o milionime de secundă), temperatura depășește 10 000 de miliarde de grade și întregul univers, dintr-un material ciudat clocotește. Seamănă cu o plasmă, alt termen care derivă din greacă pentru a indica un fel de gelatină, ceva, întocmai, care poate fi modelat. Denumim astfel, de exemplu, gazele ionizate, adică aduse la temperaturi atât de mari, încât le smulg atomilor toți electronii, astfel că miezul, care rămâne neutru electric, se dovedește în realitate compus din particule libere de sarcină opusă. Plasma care ocupă universul primordial nu e alcătuită din ioni și electroni, ci e compusă din orice fel de particule care se mișcă cu viteze relativiste, mai ales quarcuri și gluoni. La acele temperaturi forța tare e prea slabă. Constanta ei de cuplaj va crește pe măsură ce universul se răcește, dar acum nu este încă în stare să conțină energia cinetică pentru a crea stări legate.

Plasma din quarcuri și gluoni care rezultă este un gaz care seamănă cu un fluid ideal. Componentele lui alunecă una peste alta fără nicio rezistență, în esență incapabile să interacționeze între ele. E un lichid perfect, cu vâscozitate, în realitate, nulă, un superfluid ideal, care curge pretutindeni fără efort, capabil să pătrundă în orice interstițiu lăsat gol. Acest fel de supă fină, impalpabilă și foarte caldă, cu proprietățile ei ciudate, a fost studiată în toate detaliile de când a fost posibilă recrearea ei în laborator. Rezultatul este relativ recent și se bazează pe folosirea unor aparate puternice, capabile să producă ciocnirea ionilor grei.

Cele mai comune acceleratoare folosesc particule punctiforme ca electronii, sau cel mult protonii, sisteme compozite alcătuite din câteva quarcuri și gluoni. Și în acest caz coliziunile cele mai energetice au loc între obiecte esențial punctiforme: se ciocnesc frontal constituenții săi elementari, adică perechi de gluoni sau de quarcuri, în timp ce restul protonului se fărâmițează.

Cu o pricepere specială, obiecte mult mai mari și complexe, ca ionii grei, pot fi injectate, pot fi făcute să circule și pot accelera în aceleași aparate. Este vorba, într-adevăr, de nuclee de atomi ionizați, cărora le-au fost sustrași, total sau parțial, electronii orbitali. Fiind încărcați cu sarcină, pot fi injectați în acceleratoare, pot căpăta energie și pot intra în coliziune cu alte fascicule. Fiind mai complecși și mai grei, coliziunile lor sunt mult mai spectaculoase, adevărate focuri de artificii din care ies zeci de mii de particule.

Să luăm în considerare coliziunile între ioni de plumb care se realizează în LHC. În acest caz se accelerează și se produc coliziuni între nuclee foarte grele, alcătuite din mai mult de două sute de protoni și neutroni, toți aduși la energii colosale.

Un nucleu ultrarelativist seamănă cu un fel de disc compact și subțire. Relativitatea îl strivește în direcția mișcării și quarcurile și gluonii care îl compun, cu masa lor care se mărește odată cu viteza, fac să crească rapid densitatea locală de materie nucleară. Când două discuri, aparținând unor fascicule contrare, se ciocnesc central, cap în cap cum se spune, e ca și cum s-ar suprapune sute de ciocniri individuale. În miezul coliziunii se dezvoltă o temperatură locală atât de ridicată, încât se văd quarcuri și gluoni, pentru o fracțiune de secundă, fuzionând pentru a forma o picătură din acel fluid primordial, plasma din quarcuri și gluoni.

Energia celor mai moderne acceleratoare este atât de înaltă, încât se poate reproduce în laborator un minuscul Big Bang. Volumul infim în care acest fenomen are loc se extinde rapid datorită temperaturii foarte ridicate și, într-o clipă, fluidul își pierde caracteristicile, dând naștere unor valuri de particule cunoscute. Dar proprietățile acestor produse secundare, emise din centrul coliziunii, ne permit să ne întoarcem la caracteristicile ciudate ale superfluidului originar.

Un proton e pentru totdeauna

După câteva microsecunde, la reducerea temperaturii, se depășește temperatura critică ce permite plasmei din quarcuri și gluoni să supraviețuiască. Universul este populat în acest moment de o mare abundență de fotoni, cu quarcuri și leptoni care hoinăresc pretutindeni împreună cu gluonii, în timp ce particulele W și Z, devenite masive, au o rază de acțiune limitată.

Pe măsură ce universul se răcește, interacțiunea purtată de gluoni devine tot mai puternică, fiecare gluon ajunge să se lipească de câteva quarcuri și devine invizibil, iar materia începe să se agrege în stări grele, denumite generic hadroni („tari“, în greacă, pentru că sunt formate din quarcuri și supuse forței tari). Primele încercări de a produce materie stabilă nu reușesc: se nasc perechi de quarcuri și antiquarcuri ținute laolaltă de gluoni, dar legătura nu durează mult, pentru că sunt instabile și se rup rapid. Totul merge cu siguranță mai bine când se pot forma sisteme, în aparență mai complexe, formate din trei quarcuri.

Noua configurație se arată imediat foarte promițătoare. Tripleta de quarcuri ținută laolaltă de gluoni care zboară printre ei, lipindu-se de unul sau de altul, pare un sistem făcut intenționat să dureze. În realitate, când se folosesc quarcurile cele mai grele, lucrurile nu funcționează prea bine. Pentru o clipă pare că totul este în regulă, dar apoi dau semne de instabilitate și imediat, când temperatura scade și mai mult, se dezintegrează, producând minuscule focuri de artificii.

Adevărata surpriză vine când se organizează tripletele de quarcuri mai ușoare. Prima familie conține quarcurile up, u, și down, d, cele mai ușoare și mai puțin frapante, cele care interacționează mai slab cu câmpul scalar Higgs și sunt mai grele doar decât foarte ușorii leptoni. Particulele gigantice top, de mii de ori mai masive, încearcă, dar nu reușesc să pună laolaltă nimic stabil. Cele mici, dimpotrivă, reușesc acolo unde verii lor foarte mari eșuează iremediabil.

Arhitectura care se naște de aici are simplitatea ideilor geniale, la fel ca masa cu trei picioare care-și

găsește întotdeauna echilibrul și nu se clatină niciodată. Două quarcuri de tip up cu sarcină electrică de +2/3 împreună cu unul de tip down cu o sarcină de -1/3 constituie un sistem cu sarcină electrică netă pozitivă +1 care se va numi proton.

Noul-venit este un fel de arhetip al stabilității, o arhitectură ideală, făcută special să dureze. Ansamblul de trei quarcuri care se rotesc, prinse în melasa forței tari purtate de gluoni, îl face să devină un fel de putere invincibilă. În ciuda componentelor elementare ușoare, are o masă considerabilă, aproape 1 GeV, dominată de energia câmpului de forță tare care îl ține laolaltă. Cele trei quarcuri foarte ușoare sunt legate între ele de o enormă energie de contact, mult superioară masei lor. Este cleiul de oase care îl ține laolaltă, secretul ascuns al masei protonului, care câștigă în felul acesta o stabilitate legendară.

Cu universul care, răcindu-se tot mai mult, traversează energii mult inferioare energiei lui de contact, va fi tot mai dificil să se reușească fărâmițarea protonilor. Se va întâmpla din nou când vor fi accelerați la viteze ultrarelativiste în catastrofele stelare și vor hoinări ca raze cosmice de înaltă energie. În momentul în care vor intra în coliziune cu alte corpuri, se vor întâmpla aceleași reacții de dezintegrare pe care pământenii vor reuși să le reproducă în acceleratoarele lor de particule. Dar vor fi oricum fenomene rare. În cea mai mare majoritate a cazurilor, cele trei quarcuri ușoare, scufundate în marea lor de gluoni lipicioși, vor sta liniștite, la adăpost de schimbările unui univers care va evolua timp de miliarde de ani.

Experimente foarte complexe au încercat să cuantifice în ce termeni protonul este stabil, adică între ce limite se poate spune că este o particulă nemuritoare. Rezultatele sunt uluitoare.

Dacă protonul s-ar dezintegra în alte particule mai ușoare, chiar și prin intermediul unei dezintegrări foarte rare, s-ar putea măsura viața lui medie. Ar fi suficient să se identifice unul dintre aceste procese și problema ar fi rezolvată. Pentru că se așteaptă să fie foarte rare și nu se pot face experimente care durează secole, singura posibilitate este cea de a ține sub control pentru un timp rezonabil, să zicem câțiva ani, un număr foarte mare de protoni.

În experimentul Super-Kamiokande, în Japonia, senzori speciali, capabili să identifice cea mai slabă dintre dezintegrări, echipează un recipient imens cu 50 000 de tone de apă ultrapură. Pentru a evita orice posibilă alarmă falsă, se controlează cele mai mici impurități reziduale ale apei și totul este instalat într-o mare grotă în adâncimile unei mine. Astfel, experimentul se dovedește mai puțin sensibil la perturbațiile legate de razele cosmice, care ar putea produce semnale similare cu cel căutat.

Până acum, pentru că nu au observat nicio dezintegrare, doar s-au putut pune niște limite inferioare la viața medie a protonului, care s-a dovedit superioară celor 10^{34} ani; în fine, în cadrul limitelor experimentale, viața lui este eternă. E suficient să te gândești că vârsta universului este cu puțin peste 10^{10} ani. Parafrazând o faimoasă reclamă la bijuterii, ar însemna: „Un proton e pentru totdeauna“. Dacă este adevărat că, în ce privește longevitatea, nu există competiție între protoni și diamante, există în schimb multe îndoieli despre efectul pe care l-ar avea să dăruiești o mică bombă cu hidrogen în locul unui inel cu briliante.

Interesul de a căuta procese foarte rare în care un proton s-ar putea dezintegra în alte particule mai ușoare este legat și de validarea experimentală a teoriilor Marii Unificări (grand unified theories — GUT). Că cele trei interacțiuni fundamentale converg într-o unică forță prin energii suficient de înalte este considerată de toți o ipoteză extrem de convingătoare, susținută de multe date experimentale. Pentru că unificarea s-ar produce la o scară de energie în prezent inaccesibilă, nu e posibil să observi direct fenomenul și să-i studiezi toate detaliile. Unele modele teoretice GUT prevăd că, deși se întâmplă foarte rar, și protonul trebuie să se dezintegreze. Iată că descoperirea acestui proces atât de dificil de înregistrat ar putea să ne dea indicații mai clare despre dinamica Marii Unificări.

Se poate anticipa că protonii încă alcătuiesc componenta principală a materiei normale din univers. Cea mai mare parte a materiei vizibile a galaxiilor se găsește sub formă de plasmă de hidrogen, gaz cald ionizat alcătuit din protoni și electroni liberi. Dacă protonii ar fi instabili, plasma s-ar dizolva ca ceața sub razele soarelui. Dar asta nu se întâmplă. Protonii — fie că sunt liberi să hoinărească prin spațiu, fie că rămân strâns legați în nucleele atomilor — par să fie adevărați nemuritori. La fel ca războinicii din Highlander, un film vechi din anii 1980, cu Christopher Lambert și Sean Connery, protonii traversează întâmplările universului din vremuri imemoriale și viitorul pare să nu-i îngrijoreze deloc.

Ușori și totuși indispensabili

Pentru a construi materia stabilă pe care o cunoaștem mai lipsesc două ingrediente. Primul este versiunea neutră a protonului: neutronul. Este vorba de o rudă a lui apropiată, căruia îi seamănă în multe privințe. E făcut și el dintr-o tripletă de quarcuri ușoare, conținând însă două quarcuri down (cu sarcină electrică de -1/3 unul) și un quarc up (cu sarcină electrică de +2/3). Rezultatul este un obiect și el masiv,

dar fără sarcină electrică. Masa rezultă similară cu cea a protonului, aproape 1 GeV, dominată și în acest caz de energia de legătură a câmpului gluonic care îl ține laolaltă. Dar faptul că este neutru creează o minusculă, dar importantă diferență. Neutronul este puțin mai greu decât protonul, o bagatelă, doar 1,3 MeV, sau 0,14% în plus, dar această diferență se va dovedi fundamentală.

Având o masă ușor superioară, se poate dezintegra într-un proton și, pentru a se conforma legilor conservării, într-un electron, care trebuie să fie în mod necesar însoțit de un neutrin. E o tipică dezintegrare slabă cu emisie de electroni, asemănătoare cu cea care îl intrigase pe Enrico Fermi. Această dezintegrare nu se întâmplă dacă neutronii sunt împachetați în nuclee. În câmpul forței tari care ține laolaltă nucleele, neutronul nu reușește să se dezintegreze, dar, dacă nu se poate baza pe acest scut de protecție, devine instabil și se dezintegrează după câteva minute. Vom vedea puțin mai târziu ce rol important a avut acest mecanism în formarea primelor nuclee.

Protoni și neutroni se formează încontinuu, împreună cu antiparticulele respective. Când cele două contrarii se întâlnesc, se anihilează imediat în fotoni, dar mediul este atât de cald, încât se extrag în continuare din spațiul vid perechi de particule/antiparticule pentru a le înlocui pe cele tocmai dispărute. Procesul se reproduce pretutindeni și încontinuu, cât timp o permite temperatura. În acest ciclu foarte rapid de naștere și de moarte se amplifică acea mică asimetrie inițială între materie și antimaterie. Lent, dar implacabil, acea infimă diferență de populație face astfel ca toți antiprotonii și antineutronii să dispară din generațiile succesive: universul începe să fie compus doar din materie.

Apoi temperatura coboară sub valoarea minimă care permite să se extragă din spațiul vid perechi de protoni sau de neutroni și procesul se întrerupe marcând sfârșitul erei hadronilor. Va exista oricum suficientă energie pentru a produce perechi de electroni/pozitroni care vor începe să populeze universul, parcurgând din nou o poveste asemănătoare cu cea pe care au traversat-o hadronii.

Spre deosebire de protoni și neutroni, electronii sunt foarte ușori. Cântăresc, într-adevăr, de aproape 2 000 de ori mai puțin în raport cu tripletele de quarcuri cu care ar vrea să se însoțească. Nu sunt obiecte compozite și nu există particule cu sarcină electrică mai ușoare decât ei. Combinând conservarea energiei — pentru care un obiect se poate dezintegra doar într-o particulă mai ușoară — cu cea a sarcinii electrice, se ajunge la concluzia că și electronii trebuie să fie stabili.

Când au trecut puține momente de la Big Bang, universul se umple și de cele mai ușoare dintre particulele cu sarcină electrică. De-acum conține toate ingredientele esențiale să se formeze materia stabilă, dar trebuie să mai avem un pic de răbdare.

Cei mai timizi și amabili pleacă primii

De când universul s-a umplut cu protoni și neutroni, a crescut și populația de neutrini. Sunt cei mai ușori dintre leptoni, au mase atât de neglijabile, încât ne-au păcălit până cu puțini ani în urmă. Abia s-a descoperit că, în realitate, masa lor este ușor diferită de zero, chiar dacă nu am reușit încă să o măsurăm cu precizie. Sunt leptoni, deci nu simt forța tare, și sunt neutri, deci indiferenți la interacțiunea electromagnetică. Singura forță cărora se supun este forța slabă. De asta nu sunt foarte indiscreți și rafinat de amabili. Neutrinii sunt particule foarte rezervate, care se deplasează cu mare delicatețe, într-atât încât reușesc să traverseze enorme cantități de materie fără să se facă remarcați și fără să producă nici cel mai mic deranj. Și totuși, joacă un rol fundamental în echilibrele care vor determina compoziția materială a universului.

Așa cum am văzut, neutronii sunt puțin mai grei decât protonii; acel 0,14% este un fleac, ca și cum între doi indivizi de 80 de kilograme s-ar da importanță unei diferențe de greutate de 100 de grame. Totuși, dacă protonii și neutronii trebuie să fie în echilibru termic între ei, trebuie să absoarbă fiecare jumătate de energie. Din cauza diferenței de masă, populația de neutroni va fi ușor inferioară față de cea a protonilor. Cât timp temperatura este foarte mare, acest mic detaliu e neglijabil. Dar pe măsură ce energia termică de distribuit scade, această diferență devine tot mai importantă. Și cine se ocupă cu reducerea populației de neutroni și cu creșterea celei de protoni? Reacțiile care fac să dispară neutronii, precum dezintegrarea slabă, cea care transformă neutronul într-un proton, un electron și un neutrin, și altele care au efecte similare. Concluzie: gazul de neutrini care participă la aceste procese ajunge să împartă aceeași temperatură cu populația de fotoni și materialul hadronic cu care interacționează.

Acest proces dinamic se întrerupe în momentul t=1 secundă. În acest moment temperatura a scăzut atât de mult, încât pentru a menține echilibrul termic sunt de-acum șase protoni pentru fiecare neutron și situația este pe cale să se precipite. Temperatura coboară de-acum atât de rapid, încât neutrinii nu mai reușesc să mențină procentul de reacție potrivită pentru a distribui energia termică între protoni și neutroni. Până cu o clipă înainte, diferitele specii de particule erau menținute în echilibru. Acum are loc o capitulare: odată ce pierd iremediabil lupta, neutrinii părăsesc câmpul. O enormă populație de particule

delicate și amabile se desprinde de materia primordială și începe să hoinărească fără țintă, ducând cu sine doar amintirea temperaturii pe care o împărțea cu toți ceilalți parteneri, cu o clipă înainte să aibă loc separarea.

Din acest moment, într-un univers de-acum prea rarefiat să-i păstreze, neutrinii scapă de prinderea materiei agregate și nu vor mai reuși să restabilească acea îmbrățișare primordială. Vor hoinări la nesfârșit, miliarde de ani, asistând la formarea stelelor și a galaxiilor, enorme distribuții de materie pe care vor continua să le traverseze cu obișnuita lor mare delicatețe și fără să se facă remarcați.

Istoria lor evolutivă va fi diferită, dar va rămâne pentru totdeauna codificată în manieră imposibil de șters în temperatura lor, amintirea epocii de aur; acea epocă foarte caldă și magică în care și ei se jucau de-a v-ați ascunselea cu materia și se cuplau liber cu o multitudine de particule. Astăzi, după 13,8 miliarde de ani, foarte vechii neutrini cosmologici — cum se numesc pentru a-i deosebi de cei foarte tineri produși de stele — continuă încă să hoinărească pretutindeni. Conform calculelor noastre, fiecare centimetru cub de univers ar trebui să conțină șase sute, care pare un număr frumos, dar neutrinii interacționează atât de slab cu materia, încât nimeni până acum n-a reușit să colecteze dovezi ale existenței lor. Și totuși, suntem siguri că sunt încă aici în jurul nostru; avem și o idee despre temperatura lor care, din cauza expansiunii universului, ar trebui atestată astăzi în jurul valorii de 1,95 Kelvin.

Momentan, căutarea semnalului de neutrini cosmologici nu a dus la rezultate semnificative. Până acum au fost găsite doar indicii ale prezenței lor. În ziua în care vreo tehnică nouă o să permită descoperirea lor, s-ar putea studia toate caracteristicile fondului cosmic de neutrini, teoretizat de toate modelele Big Bangului. Această mare de particule timide și amabile care încă ne înconjoară ascunde secrete decisive pentru a înțelege ce s-a întâmplat cu adevărat când universul stingea lumânarea primei lui secunde de viață.

Vor forma miezul stelelor

Când ceasul bate primul minut, există de-acum șapte protoni pentru fiecare neutron și densitatea de energie a scăzut la punctul în care ei pot începe să se agrege între ei și să formeze nucleele celor mai ușoare elemente.

E un moment fundamental, pentru că densitatea și temperatura universului seamănă în acest moment cu cele ale stelelor. Protoni și neutroni, implicați în ciocniri de înaltă energie, pot reacționa și forma o stare legată de forța tare. Când un proton se unește cu un neutron, devine un nucleu de deuteriu; dacă două nuclee de deuteriu se unesc între ele, se nasc primele nuclee de heliu. Elementul ușor, al cărui nucleu este format din doi protoni și doi neutroni, ia numele de la zeul grec al Soarelui și într-adevăr tot hidrogenul care alimentează imensul cuptor nuclear al stelelor ajunge să se transforme în heliu.

Ca să-și formeze nucleul, trebuie să se unească două nuclee de deuteriu, un proces care se întâmplă cu mare ușurință; nucleul din patru este foarte stabil, pentru că presupune o energie de contact foarte înaltă pentru fiecare componentă a nucleului. Toți neutronii liberi reziduali vor fi implicați în aceste grupe de patru și vor ieși din joc. Din acest motiv, nucleele de heliu vor constitui aproximativ 24% din total. Restul, aproximativ 75%, va fi constituit de protoni care vor rămâne „single“, gata să se transforme în atomi de hidrogen imediat ce condițiile o vor permite; ici și colo, în dâre, vor apărea nuclee doar cu puțin mai grele, ca litiul și beriliul.

Vor fi doar trei minute pentru formarea tuturor nucleelor primordiale ale universului. După acel moment temperatura și densitatea nu vor mai fi în stare să susțină reacțiile nucleare. Și va fi bine, pentru că, dacă procesul ar fi continuat prea mult timp, universul ar fi consumat o mare cantitate de protoni liberi pentru a construi nuclee mai grele. Dacă ar fi durat și doar 10 minute, aproape tot hidrogenul ar fi dispărut.

Abundența de heliu din univers este o altă confirmare a teoriei Big Bangului. Acest element se produce și în miezul stelelor, dar, fără heliul primordial, socoteala n-ar ieși. Nici cu toate stelele universului care ar arde hidrogen pentru 14 miliarde de ani nu s-ar putea produce abundența de heliu care a fost măsurată.

Nucleele care s-au creat atunci nu se vor mai modifica pentru miliarde de ani și constituie încă și astăzi marea majoritate a nucleelor existente în univers. Lor li se vor adăuga, mult mai târziu, nucleele elementelor grele ale tabelului periodic, care se vor naște în imensele cuptoare nucleare ale stelelor mai masive.

Calcule teoretice au estimat că, dacă diferența de masă dintre proton și neutron ar fi fost și doar cu puțin mai mare, lucrul ar fi avut consecințe dezastruoase. O nimica toată, cât bătaia din aripi a unui fluture, și s-ar fi produs o serie de catastrofe. Diferența de masă ar fi schimbat semnificativ proporția dintre protoni și neutroni și am fi avut mult mai mult heliu și mult mai puțin hidrogen. În fine, nu ar fi fost suficient hidrogen pentru a pregăti reacțiile nucleare în primele stele. Totul ar fi rămas învăluit, pentru totdeauna,

în cele mai negre tenebre; universul ar fi rămas un spațiu imens, trist și întunecos; fără stele nu ar fi existat elementele grele și ar fi lipsit materia primă pentru organizarea planetelor stâncoase; nu ar fi existat condițiile să se dezvolte forme de viață elementară și apoi cineva care, într-o bună zi, ar fi putut să-i contemple măreția.

Dar toate astea, din fericire, nu s-au întâmplat în universul nostru. Acrobatul a alunecat pe sârmă și părea că ar putea cădea dintr-un moment în altul, aici sau acolo, în timp ce publicul își ținea răsuflarea, temându-se de tragedia iminentă, dar în schimb, cu eleganță și ușurință, și-a regăsit mereu echilibrul și și-a încheiat spectacolul în aplauze.

Va mai fi nevoie de mult timp înainte ca energia să coboare suficient încât să permită formarea primilor atomi de hidrogen. Va trebui așteptat momentul în care temperatura universului va fi suficient de scăzută încât să nu reușească să rupă legătura electromagnetică care va permite electronilor să orbiteze în jurul protonilor nucleului. Dar s-au făcut progrese foarte importante când s-a terminat ziua a treia și au trecut doar trei minute de la începutul marii aventuri.

Ziua 4. Și, în sfârșit, a fost lumină

Odată ce au trecut primele minute, există o schimbare de ritm, care devine brutal și total neașteptat. Seria paroxistică de transformări pe care universul a traversat-o se domolește brusc și totul încetinește până aproape să se piardă, într-un proces atât de lent, încât pare epuizant. Tocmai ne-am revenit din crescendo in prestissimo cu care a început simfonia și așteptăm trecerea la un tempo mai regulat și încurajator, când totul precipită într-un larghissimo care pare să nu ducă la nimic.

Procesele sunt acum infinit mai lente și epocile se lungesc peste măsură. Pentru a asista la transformările cele mai importante va fi nevoie de multă răbdare. După formarea nucleelor elementelor mai ușoare, pentru sute de mii de ani nu se întâmplă nimic important. Cu excepția faptului că totul continuă să se extindă și să se răcească.

Pentru un timp care pare interminabil, o ceață întunecoasă umple universul: o lume opacă, făcută din particule elementare și nuclee, toate amestecate între ele și cufundate într-o mare de fotoni și electroni. Particule necunoscute de materie întunecată participă, clandestin, la sarabanda care pare să nu se termine niciodată. Nicio structură, nicio ierarhie, nicio organizare. Absolut nimic.

Nicio singură rază de lumină nu reușește să penetreze această plasmă tenebroasă și neliniștitoare. Electronii și fotonii se aleargă unii pe alții, jucându-se de-a prinselea între ei. Încontinuu absorbiți și imediat emiși de gazul dens de electroni care pătrunde peste tot, fotonii nu reușesc să se elibereze din acea îmbrățișare sufocantă.

Regatul opac al tenebrelor va dura sute de mii de ani. Nicio scenografie dark nu poate face față comparației. Nici cea mai plină de imaginație dintre poveștile SF nu poate rivaliza cu atmosfera sumbră a acelui mediu nesfârșit, întunecat și fără speranță.

Cheia transformării vine, ca întotdeauna, de la temperatură, care scade iremediabil odată cu creșterea expansiunii. Totul se schimbă când universul se apropie de 3 000 de grade. E aproximativ jumătate din valoarea care se măsoară la suprafața Soarelui și, în acest moment, ceața opacă începe să se rarefieze. Odată cu scăderea temperaturii scade energia cinetică a electronilor, care nu mai reușesc să rupă legăturile cu protonii. Atracția electromagnetică predomină și, astfel, o cantitate nesfârșită de electroni care hoinăresc pretutindeni, liberi și sălbatici, este îmblânzită de câmpul electromagnetic. Nu vor mai fi liberi, ci obligați să orbiteze stabil un nucleu cu sarcină electrică.

Se formează primii atomi, de hidrogen și de heliu mai ales. Apar pretutindeni, plasma se descompune într-o cantitate colosală de gaz care absoarbe implacabil toate nucleele și întreaga populație de electroni. Materia începe să capete o formă neutră și stabilă. Noutatea momentului: atomii vor permite construirea unor structuri tot mai complicate care vor da startul unor transformări ulterioare.

În timp ce electronii se resemnează la sfârșitul libertății, captivi cum sunt în cochiliile confortabile ale orbitalilor atomici, pentru fotoni este sfârșitul unei lungi sclavii. Eliberați brusc din legătura cu materia, acum pot alerga liberi și celebrează această noutate purtând lumina pretutindeni. Universul devine brusc transparent și o imensă strălucire îl traversează.

De atunci, fotonii hoinăresc liberi, reflectând orice lucru. Cu timpul vor deveni tot mai puțin energetici și frecvența lor se va diminua, semn clar de slăbiciune. Cufundați într-o baie termică tot mai rece, vor continua să oscileze tot mai slab, purtând cu ei totuși amintirea de neșters a epocii în care radiația era cea care domina lumea și materia organizată în atomi încă nu exista.

În fine, în sfârșit, a fost lumină. Exact cum spune Biblia, dar nu s-a întâmplat imediat și nu a fost deloc ușor. Abia s-a terminat ziua a patra și au trecut 380 000 de ani.

O lume fără lumină și populată de entități obscure

După perioada de câteva minute în care se formează nucleele, timp de mii de ani nu se întâmplă nimic relevant. Expansiunea și răcirea universului continuă fără oprire; dimensiunile lui depășesc curând 1 000 de ani-lumină și continuă să crească, în timp ce temperatura încă se măsoară în milioane de grade. Un obiect enorm, foarte cald și întunecos. O lume infernală, fără lumină și populată de entități obscure.

Un fel de ceață opacă și impalpabilă îl umple și îl învăluie. Un aerosol de electroni, fotoni și de alte particule elementare înconjoară protoni și nuclee de heliu și ale rarelor elemente ușoare care s-au format.

Temperatura este încă prea mare pentru ca materia să se poată agrega prin atracție electromagnetică. Protoni și nuclee de heliu, cu sarcină electrică pozitivă, încearcă să se lege de electronii care zburătăcesc de jur împrejur, dar nu reușesc. Agitația termică face electronii atât de energetici, încât, chiar și când legătura s-ar forma, s-ar rupe într-o fracțiune de secundă. Forța de atracție este prea slabă pentru a concura cu energia cinetică furibundă care îi duce departe. Va trebui să avem răbdare și să așteptăm ca temperatura să scadă drastic înainte să celebrăm marele triumf al legăturilor electromagnetice.

Toate particulele materiale călătoresc cufundate într-o baie de fotoni care au aceeași temperatură a sistemului, dar nu există urmă de lumină. Densitatea ceții ciudate care învăluie universul este atât de mare, încât orice foton este, continuu, absorbit și imediat emis din nou.

Îmbrățișarea fotonilor cu materia, și mai ales cu electronii, este sufocantă și nu le îngăduie nicio libertate; drumul lor liber acoperă distanțe infime. De fiecare dată când sunt emiși de un electron care intră în coliziune sau este accelerat, pornesc sperând să călătorească pe distanțe lungi și să alerge spre infinit, dar sunt imediat înghițiți de altceva fără să aibă nici măcar timpul să reflecteze asupra destinului lor trist, după care ciclul infinit de emisie și absorbție deja o ia de la capăt.

În bezna lumii ciudate se ascund forme de materie și mai misterioase. Am vorbit puțin până acum despre asta pentru că nu știm despre ce este vorba exact. Se dovedește, așadar, dificil să le plasăm în manieră precisă în seria de evenimente care ne-a adus până aici. Dar în epoca opacității este deja prezentă în univers o mare parte de materie întunecată.

Ipoteza că universul conține mari cantități de materie neluminoasă a fost înaintată prima dată în 1933, de Fritz Zwicky, un astrofizician elvețian înzestrat, foarte creativ și cu un simț al umorului demitizant. Se spune că, atunci când alți oameni de știință se arătau sceptici în ce privește teoriile lui, îi insulta numindu-i „nenorociți sferici". În fața uimirii interlocutorului, Zwicky explica că rămâneau nenorociți de oriunde ar fi fost observați.

Studiind roiul Coma, o aglomerare despre care astăzi știm că reunește mai mult de 1 000 de galaxii, Zwicky a observat că era ceva incorect în vitezele celor aflate mai aproape de marginea roiului. Mișcarea lor nu se putea explica prin distribuția masei vizibile obținute de la lumină. Efectele gravitației nu erau suficiente să explice orbitele atât de rapide ale galaxiilor aflate mai în exterior. Totul se comporta ca și cum volumul roiului ar fi ascuns mult mai multă materie. Zwicky a calculat că era nevoie de o masă mult superioară, pe care a numit-o materie întunecată, pentru că nu făcea lumină și rămânea ascunsă în întunericul cosmosului. Pentru mult timp, această teorie a lui a fost aspru contestată și numărul „nenorociților sferici" nu dădea semne că scade.

La răsturnarea situației a intervenit munca Verei Rubin, o femeie astronom din SUA, urmașa acelei Henrietta Leavitt care inventase metoda cefeidelor pentru a măsura marile distanțe. Rubin era una dintre puținele femei astronom care, deja din anii 1960, aveau acces la marile telescoape. Își amintește că, atunci când a început să lucreze la cel de pe Mount Palomar, și-a organizat singură o toaletă pentru femei, deoarece constructorii celui mai modern observator din lume nu prevăzuseră că ar putea să lucreze acolo și o femeie.

Rubin a măsurat, foarte metodic, viteza de rotație a stelelor în galaxiile spiralate. A început cu Andromeda și a constatat că materialul mai periferic orbita la viteză comparabilă cu cea a stelelor din interior: contrar a ce se aștepta, dat fiind că atracția gravitațională produsă doar de materia luminoasă ar fi presupus o viteză mult inferioară. Observații similare au fost efectuate pentru mișcarea unor întregi galaxii în interiorul roiurilor și concluzia a fost inevitabilă: extravagantul Zwicky avea dreptate. Calculele lui Rubin au demonstrat că materia întunecată trebuia să fie de cel puțin cinci ori mai multă decât cea luminoasă. Galaxiile spiralate erau probabil scufundate într-un halo gigantic de materie complet necunoscută, fără de care s-ar fi dezintegrat din vremuri imemoriale.

În a doua jumătate a secolului XX, evidențele experimentale ale prezenței de materie întunecată vor fi tot mai numeroase. Metode de cercetare diferite îi vor conduce pe toți la același rezultat: va exista evidența indirectă de materie întunecată când se va reuși măsurarea vitezelor de rotație în imensa nebuloasă de hidrogen care înconjoară multe galaxii și, de asemenea, când se vor înmulți observațiile care folosesc lentilele gravitaționale. Și acest fenomen fusese prevăzut de Zwicky, care l-a descris drept o consecință necesară a relativității generale. Creativul astronom elvețian a înțeles înaintea altora că o concentrație puternică de masă ar fi putut deforma spațiul-timp într-atât încât să creeze aceleași efecte optice ca ale unei lentile. Razele luminoase care ar fi traversat zona deformată puteau, fiind deviate, să producă artefacte incredibile. Aceeași stea sau aceeași galaxie puteau să apară de două, trei, patru ori în imaginea surprinsă de telescop.

Aceste fantasme, aceste imagini dublate care te-ar putea face să te gândești că cineva a băut prea mult și vede brusc totul dublu vor fi în realitate instrumente noi de măsurare care ne vor permite să vedem forme de materie altfel invizibile. Și acestea, de asemenea, vor confirma abundența de materie întunecată din univers.

În ciuda confirmărilor experimentale tot mai convingătoare și a faptului că nimeni nu a îndrăznit vreodată

să pună la îndoială relevanța descoperirii ei, Comitetul Premiului Nobel, din motive complet de neînțeles, nu i-a conferit niciodată Verei Rubin premiul pe care l-ar fi meritat.

Astăzi știm că aproximativ un sfert din univers este alcătuit din materie întunecată, dar nimeni nu știe încă exact despre ce este vorba.

Cineva a înaintat ipoteza că poate fi un gaz de neutrini, dar pentru că aceștia sunt prea ușori, nu s-ar putea explica efectele gravitaționale care se observă. Dacă teoriile supersimetrice ar fi corecte, s-ar putea vorbi de familii întregi de particule noi, foarte grele și cu nume ciudate, care ar putea explica materia întunecată. Dar fiindcă nicio particulă supersimetrică nu a fost până acum descoperită, ipoteza că haloul care înconjoară galaxiile este alcătuit din gravitini sau din neutralini se dovedește deocamdată complet nefondată.

Căutarea oricărui fel de particule grele și cu interacțiune slabă care ar putea explica misterul este încă în curs de desfășurare. Se organizează experimente tot mai sofisticate în mari laboratoare subterane, se trimit aparate pe orbită în jurul Pământului sau se caută particule noi în acceleratoarele mai puternice, dar până acum fără rezultate.

Se crede că, în loc să se caute obiecte grele, ar trebui ca atenția să fie concentrată asupra particulelor neutre și ultraușoare, numite axioni. Și aici ar fi amprenta lui Zwicky care se pare că a inventat numele împrumutându-l de la un celebru detergent din anii 1950, cu ideea că noua particulă ar fi făcut definitiv curat. Axionii ar fi corpusculi evanescenți, extrem de ușori, despre care s-au făcut ipoteze pentru a explica anomalii minuscule în dezintegrările de particule cunoscute și care ar putea să interacționeze cu materia normală aproape exclusiv prin intermediul gravitației. Dar, deocamdată, nici pentru această ipoteză nu există confirmări și vânătoarea continuă.

Oricare ar fi soluția puzzle-ului, materia întunecată a intrat în mod sigur pe teren într-una dintre fazele precedente, poate imediat după faza inflaționară. Răcindu-se ca tot restul, a început să arate niște diferențe minuscule de temperatură în distribuția de energie, inițial perfect omogenă. Aceste diferențe apar din fluctuațiile cuantice primordiale care au luat forme gigantice din expansiunea inflaționară și interacțiunea cu marea turbulentă de fotoni care se agită pretutindeni.

Acum, în epoca întunecată, ne-o imaginăm ca pe un fel de rețea fină; o pânză de păianjen neagră, subțire, dar foarte deasă care se amestecă și totodată învăluie totul. Acum distribuția ei spațială nu joacă un rol esențial în dinamica acestei plasme negre, dar foarte curând se va stârni un mecanism de concentrație care va face materia să devină mai densă acolo unde există fluctuații minuscule de energie. Nodurile cele mai dense ale acestei pânze subțiri vor fi trama pe care lumea noastră materială va începe să se îngroașe. Acolo se vor naște primele stele și vor germina semințele galaxiilor.

Bate ora materiei

Domnia tenebroasă a întunericului a durat atât de mult timp, încât părea că aproape nimic n-ar fi putut să-i tulbure echilibrele.

Dar, când temperatura a scăzut sub cele 3 000 de grade, s-a întâmplat evenimentul iremediabil. Acea valoare marca o limită, care odată depășită avea să stârnească o serie de fenomene ireversibile și legate între ele. Au trecut de-acum sute de mii de ani de la Big Bang și până în acest moment componentele materiei au rămas total cufundate în marea de fotoni a radiației cu care împarte temperatura. Echilibrul termic era garantat de interacțiunile continue între cele două, pe care densitatea mare le-a făcut să devină frenetice. Odată cu expansiunea, se ajunge totuși la punctul în care lucrurile se schimbă brusc.

Totul are de-a face cu o diferență de comportament între radiație și materie, care merită să fie subliniată. Expansiunea universului face să crească volumul cu pătratul razei: ca o minge care se umflă, unei raze de două ori mai mari îi corespunde un volum de opt ori mai mare. Densitatea de materie și de energie scade, deci, odată cu creșterea volumului, invers proporțional cu cubul razei. Pentru fotonii radiației intră totuși în joc un mecanism adițional care le reduce ulterior densitatea. Cu spațiul care se întinde crește lungimea lor de undă, deci energia lor scade. În fine, densitatea de energie datorată radiației scade mai rapid decât densitatea de energie datorată materiei. La dublarea razei, cea a radiației scade de 16 ori, pe când cea datorată materiei se reduce doar de opt ori.

Pe termen lung, echilibrul se rupe în manieră catastrofală. Asta se întâmplă la 380 000 de ani după Big Bang. În acel moment, radiația se separă de materie și destinele lor vor urma căi complet diferite. Densitatea fotonilor se va diminua până în punctul în care vor deveni tot mai rare interacțiunile cu electroni și protoni și se va rupe echilibrul termic. Începe un lung declin ce va face ca radiația, care până în momentul acela a dominat lumea, să aibă o greutate și o importanță tot mai mici, până când va deveni o componentă irelevantă a masei totale a universului.

Foarte curând temperatura va scădea până în punctul în care energia potențială a legăturii electromagnetice dintre electroni și protoni va depăși energia cinetică a agitației termice. Electronii vor putea așadar să se lege stabil de protoni și se vor naște primii atomi, mai ales de hidrogen și heliu, apoi litiu, beriliu și alte câteva componente ușoare. Eliberați de interacțiunile continue cu fotonii, atomii își vor găsi propria stabilitate.

Din noua organizare se naște materia neutră, care va interacționa așadar tot mai puțin cu radiația. Un imens și rarefiat nor de hidrogen și de heliu va ocupa întreg universul și evoluția lui va fi cea care va determina restul poveștii. După milenii în care radiația a dominat universul, desprinderea traumatică marchează începutul erei materiei. Noua epocă va duce la formarea de galaxii, stele și planete până la dezvoltarea de forme materiale complexe care vor fi organismele vii. Se instaurează o nouă stăpânire, o domnie care va dura miliarde de ani, al cărei sfârșit, până în ziua de astăzi, nu-l vedem.

În ce privește fotonii, odată desfăcute definitiv legăturile care-i țineau captivi, eliberați din acea îmbrățișare care părea încurcată, pot în sfârșit să călătorească liberi pretutindeni. Marea de fotoni se retrage din materie, dar ocupă fiecare spațiu lăsat liber de atomii abia formați, purtând cu sine o nouă formă de energie. Universul devine transparent, permițând luminii să-l traverseze dintr-o parte în alta. E o strălucire diferită de lumina albă cu care ne-am obișnuit; ochii noștri, dacă prin absurd am fi acolo să asistăm, ar vedea un fel de scânteiere roșiatică. E o lumină caldă care ajunge dincolo de roșul-închis care marchează limita superioară a lungimilor de undă vizibile pentru oameni. Seamănă mult, în mod curios, cu cea pe care o folosim când activăm telecomanda televizorului ca să schimbăm canalul. Dar nu există niciun dubiu: este lumină, universul este transparent și este traversat de lumină.

Mesajele secrete ascunse în zid

De două ori pe an, Zidul Plângerii din Ierusalim, locul cel mai sacru pentru religia mozaică, este curățat de toate bilețelele pe care credincioșii, conform unui obicei antic, le inserează în crăpăturile dintre pietre. Folosindu-se de mici instrumente, un grup de adepți extrage cu grijă și cu delicatețe foile de hârtie vârâte în micile crăpături, pentru a face spațiu celor care le vor înlocui în următoarele luni. Bilețelele nu sunt aruncate, ci îngropate în cimitirul ebraic de pe Muntele Măslinilor, o colină la mică distanță de Orașul Vechi.

Zidul de vest, cum i se spune în ebraică, este un zid de împrejmuire construit de Irod cel Mare, regele Iudeii în timpul ocupației romane. Lucrările au început în anul 19 î.Hr. și s-au terminat în anul 64 d.Hr., cu intenția de a consolida colina pe care se înălța al Doilea Templu, locul cel mai sacru pentru religia mozaică. În anul 70 d.Hr., trupele lui Titus au profanat locul sacru și au pus la pământ templul, care n-a mai fost niciodată reconstruit. A fost sfârșitul unei lumi, apocalipsa. Singura rămășiță a construcției originare este zidul de împrejmuire construit de Irod care, de atunci, este venerat de toții evreii ca loc de rugăciune și totodată amintire a celui mai traumatic și dureros eveniment al istoriei lor.

La zid, timp de secole, oamenii s-au dus să plângă și să se roage amintindu-și îngrozitoarea nenorocire care a dus la risipirea poporului antic. Locuitorii Ierusalimului au fost cei care l-au numit Zidul Plângerii, pentru că pelerinii nu reușeau să-și înfrâneze durerea și emoția pe care le simțeau atingând pietrele antice, pe care își puneau palmele și fruntea să se roage.

Începând cu Evul Mediu, pentru pelerini devenise o practică obișnuită să lase semne ale vizitei lor — incizii, graffiti sau chiar amprenta mâinilor lor înmuiate în var. Cu trecerea timpului aceste obiceiuri, care riscau să deterioreze iremediabil pietrele antice, au fost interzise și s-a statornicit obiceiul de a lăsa minuscule foi de hârtie în interstiții. Tradiția continuă până în zilele noastre, dar de-acum vizitatorii sunt atât de mulți, încât, periodic, trebuie curățate micile cavități pentru a face loc biletelor care vor fi lăsate de următorii vizitatori. Aceste bilete conțin rugăciuni sau cereri de ajutor. Sunt invocări foarte personale, care adesea ascund suferințe și secrete ale familiilor celor care le lasă. În micile crăpături se acumulează și se ascund speranțe și dureri a nenumărate generații de credincioși.

Ceva de genul acesta se întâmplă într-un alt tip de zid, mult mai puțin material și cu siguranță mai impalpabil decât Zidul Plângerii, dar și cu mult mai străvechi. Vorbim despre zidul radiației cosmice de fond.

Lumina care se separă de materie în acea epocă atât de îndepărtată a păstrat, pentru miliarde de ani, amintirea experienței traumatice. Fotonii primordiali, primii care au simțit beția libertății, sunt încă în jurul nostru și umplu cosmosul provenind din toate direcțiile. Odată cu trecerea timpului, temperatura lor a precipitat de la 3 000 de grade la ceva mai puțin de trei; de atunci universul și-a mărit dimensiunile de mai mult de 1 000 de ori și întinderea spațiului-timp a dilatat enorm lungimea lor de undă. Acum nu mai oscilează pe frecvențele infraroșului, cântul lor a devenit mult mai grav, aproape imposibil de auzit, sfârșind în regiunea microundelor. Da, este practic aceeași radiație pe care o folosim în bucătărie ca să

decongelăm ceva. Și, în realitate, universul întreg, neputând să schimbe energie cu niciun alt sistem, se comportă ca un cuptor cu microunde gigantic, un enorm corp negru care respectă aceleași legi.

Lucrul minunat este că în marea de fotoni a radiației cosmice de fond au rămas întipărite, ca fosilele care se găsesc în interiorul unor stânci, semnele de neșters ale acelei epoci. Ultimul contact cu materia, cu o clipă înainte de acea desprindere, a lăsat urme clare, care s-au atenuat treptat, dar care permit încă să se obțină informații prețioase, îngăduindu-ne să studiem o epocă în care materia și radiația mergeau braț la braț, ba chiar mai înapoi în timp.

Visul oricărui om de știință este să poată vedea atât de înapoi în timp, încât să asiste în direct, privind prin telescop, la nașterea universului, la Big Bang. Folosind lumina, fotonii radiației electromagnetice, acest vis se dovedește imposibil, pentru că, ajunși la 380 000 de ani după început, există acest zid, o barieră de netrecut care nu ne permite să vedem direct ceea ce s-a întâmplat înainte. Dar, așa cum se întâmplă pentru Zidul Plângerii, în micile fisuri ale acestui zid, în aceste interstiții subțiri care abia se întrezăresc în spatele aparentei structuri compacte, se găsesc informații prețioase. Măsurându-le și interpretându-le, oamenii de știință au reușit să smulgă secretele clipei în care a început dominația materiei și, împreună cu aceste secrete, au colectat informații de valoare inestimabilă despre tot ce s-a întâmplat înainte, ajungând chiar să atingă clipa primei mari transformări, cea marcată de inflația cosmică.

O poveste foarte detaliată

Radiația cosmică de fond (Cosmic Microwave Background — CMB) este sursa noastră de informații cea mai prețioasă despre originea universului și a transformărilor lui.

Pornind de la descoperirea lui Penzias și Wilson din 1964, experimente tot mai sofisticate au produs un volum impresionant de rezultate. CMB poate fi considerat un fel de mină ale cărei tuneluri, extrem de bogate, ne-au oferit deja o cantitate enormă de date. Dar rămâne încă mult de săpat și știm că există filoane ascunse, până acum neexploatate, care conțin informații foarte prețioase.

Refăcând fotonii de energie joasă care o compun, provenind din toate direcțiile, este posibil să obținem o imagine a întregii bolți cerești din care se poate extrage o importantă cantitate de informații.

Prima caracteristică este omogenitatea extremă a distribuției de temperatură. CMB are un spectru de corp negru ideal și radiația este atât de slabă, încât temperatura universului rezultă de 2,72 de grade peste zero absolut. Ipoteza că universul se comportă ca un imens cuptor ideal, perfect izolat, este corectă. Fotonii primordiali, care după desprinderea de materie au continuat să se răcească timp de miliarde de ani, încă amintesc că au fost în echilibru termic cu aceasta pentru 380 000 de ani. Fluxul de radiație este uniform în toate direcțiile, dar sunt minuscule zone caracterizate de foarte mici diferențe de temperatură care arată o structură foarte distinctă.

Aceste neregularități, sau anizotropii, în distribuția de temperatură au fost studiate în cele mai mici detalii, pentru că ele conțin informații prețioase despre ce s-a întâmplat în primele clipe de viață ale universului. Sunt ca bilețelele din crăpăturile Zidului Plângerii, ne povestesc secrete și istorii îndepărtate. Sunt amprenta, lăsată în radiație, a fluctuațiilor cuantice care fisurau minuscula bulă ieșită din spațiul vid, înainte ca inflația să o umfle peste măsură. Expansiunea acelor porțiuni de spațiu, într-o vreme infime, a ajuns la dimensiuni colosale și ele acoperă regiunea unor întregi roiuri de galaxii. Pe cerul psihedelic reconstituit de experimentele mai moderne, precum cel al satelitului Planck, care și-a încheiat misiunea în 2013, se vede domnia mecanicii cuantice în expansiune la scara galaxiilor.

Vechea prejudecată conform căreia teoria lui Planck și Heisenberg ar explica doar fenomenele microcosmosului a fost definitiv depășită de datele observate. Radiația cosmică de fond constituie o hartă limpede și foarte lizibilă a densității de materie în momentul separării. Orice minimă diferență locală de temperatură se poate atribui unei diferențe de densitate a materiei în clipa în care fotonii s-au supus ultimei propagări, cu o clipă înainte să se separe definitiv. Ea ne permite să vedem enorma pânză de păianjen cosmică în jurul căreia s-au format primele semințe ale galaxiilor.

Analizând în detaliu distribuția micilor structuri neunitare și dimensiunile lor, este posibil să obții informații prețioase despre geometria universului.

Un univers închis sau deschis ar deforma în manieră caracteristică imaginea unor obiecte atât de îndepărtate, pentru că fotonii ar parcurge traiectorii convergente sau divergente. Din dimensiunile și distribuția unghiulară a acestor structuri neunitare se obține o confirmare foarte clară că universul nostru este plat. Ceea ce atrage după sine faptul că densitatea de materie este foarte aproape de densitatea critică. Radiația cosmică de fond ne dă așadar confirmări ulterioare ale prezenței de materie și energie întunecată în proporții care astăzi pot fi stabilite cu precizie. Datele cele mai recente ne spun că

universul este alcătuit din 68% energie întunecată, din 27% materie întunecată și doar din 5% materie normală.

Simulând apoi efectele de deformare a imaginii, datorate materiei întunecate care curbează spațiul-timp, se poate reconstrui o hartă a distribuției sale. Efectul lentilă gravitațională ne permite să obținem, din radiația cosmică de fond, o imagine tridimensională a distribuției de materie întunecată în univers. Să cunoaștem în detaliu cum este organizată această fină pânză de păianjen cosmică ne permite să înțelegem mai bine mecanismele care au dus la formarea primelor stele și a primelor galaxii.

Analiza cantitativă a distribuției de fluctuații de temperatură primordiale în radiația cosmică de fond constituie una dintre confirmările cele mai solide ale inflației. Totuși se așteaptă în curând reușita de a extrage noi și mai complicate rezultate din măsurătorile polarizării sale.

Polarizarea unei radiații arată dacă undele electromagnetice vibrează într-o direcție preferențială. E același mecanism care a produs succesul ochelarilor de soare Polaroid. Reflectarea soarelui pe suprafața apei, de exemplu, este compusă din lumină polarizată, adică acel câmp electromagnetic al razei reflectate oscilează doar în plan orizontal. Dacă se folosește un filtru vertical, lamele subțiri care lasă să treacă doar undele care oscilează pe verticală, reflexiile supărătoare sunt absorbite. Lentilele polarizate sunt lentile de sticlă sau plastic în interiorul cărora sunt amalgamate aceste filtre verticale care absorb reverberațiile responsabile pentru mare parte din strălucire și din stânjenirea vizuală.

Radiația cosmică de fond rezultă polarizată de interacțiunea cu mediul material și poartă așadar cu ea informații adiționale despre istoria cosmosului. Această caracteristică ne spune ceva în plus despre ultimul contact între radiație și materie. Forme de polarizare liniară pot fi legate la densitatea de materie, oferindu-ne astfel detalii ulterioare, de exemplu, despre distribuția materiei întunecate în momentul desprinderii.

Experimentele mai moderne au reușit să măsoare această polarizare slabă, obținând rezultate importante. Polarizarea cea mai căutată, până acum fără succes, este de tip circular și ar fi fost produsă de interacțiunea fotonilor cu undele gravitaționale primordiale. Este un efect și mai subtil, o polarizare foarte slabă și în plus mascată de fenomene asemănătoare produse de praful intergalactic. Un adevărat coșmar pentru fizicienii experimentaliști.

Dacă se va reuși identificarea semnalului lăsat de ultima întâlnire dintre fotoni și undele gravitaționale, el ar reprezenta o amprentă inconfundabilă a inflației. Acea polarizare ciudată, a cărei identificare se caută deja de câteva decenii, ar putea fi cheia pentru a deschide cufărul care păstrează încă multele secrete ale fazei inflaționiste. Ar permite, de exemplu, să se determine scala de energie la care fluctuațiile inițiale au fost generate în primele fracțiuni de secundă după Big Bang.

În tolba oamenilor de știință sunt alte săgeți, care ar putea lovi la țintă, pentru a înțelege mai bine inflația. Pentru a deosebi diferitele variante de câmpuri scalare care ar fi putut s-o declanșeze, aceștia se gândesc să observe cu precizie și mai mare structurile pe scară largă ale galaxiilor primordiale. Distribuția lor ar trebui să urmeze traseul minusculelor fluctuații ale câmpului inflatonului rămase întipărite în radiația cosmică de fond de expansiunea inflaționară. Va fi nevoie de colectarea unui eșantion cât mai mare posibil de galaxii primordiale, adică observarea celor mai îndepărtate galaxii când încă erau în formare, și asta își propune să facă o nouă generație de experimente care vor fi lansate curând în spațiu. Cu ajutorul neutrinilor cosmologici și al undelor gravitaționale reziduale, care mai devreme sau mai târziu vor fi identificate, toate secretele inflației ar trebui să fie dezvăluite în curând; doar să nu fie surpriza adițională a vreunui nou scalar în datele LHC.

De-acum am ajuns la sfârșitul celei de-a patra zi, au trecut 380 000 de ani de la Big Bang și universul intră într-o fază foarte interesantă: un lanț de transformări din care se va naște prima stea. O parte a materiei este pe cale să se organizeze într-o formă nouă, dinamică și turbulentă, care va lumina universul făcându-l să devină un spectacol minunat și pentru ochii noștri cu o sensibilitate atât de limitată. Din cuptoarele enorme care se vor aprinde în miezul stelelor vor apărea elementele grele destinate să producă alte forme de agregare, mai pașnice și mai puțin turbulente: planetele. Aici se vor traduce în stânci, aer, apă, plante și animale, inclusiv noi. Dacă începem să ne complăcem în a fi, literal, fiii stelelor, trebuie să acceptăm să fim nepoții acelor fluctuații cuantice, pe care inflația le-a făcut să intre în expansiune și în absența cărora primele stele nu s-ar fi putut agrega.

Ziua 5. Se aprinde prima stea

Epoca materiei tocmai a început și ritmul transformărilor încetinește tot mai mult. Până aici gravitația, cea mai slabă dintre interacțiuni, a rămas un pic deoparte. Acum prezența ei începe să se facă simțită, la început în manieră delicată, aproape imperceptibilă, dar foarte curând va câștiga dominant centrul scenei.

Odată cu decuplarea dintre materie și radiație lucrurile au devenit mai clare. Radiația s-a distribuit uniform în tot spațiul disponibil și universul a devenit transparent la lumină. Dar strălucirea care a marcat ultima metamorfoză a dispărut de-acum, de când expansiunea a întins lungimile de undă dincolo de pragul vizibilului. Universul este plin de radiație și este încă foarte cald, dar a precipitat din nou într-o beznă totală.

Materia se mișcă lent, sub acțiunea gravitației, și s-a stabilizat în atomi care formează un imens nor de hidrogen și heliu. Protejată de întuneric, o enormă pânză de păianjen din materie întunecată, deja mult mai abundentă decât materia normală, înfășoară cosmosul.

Micile anomalii în densitatea ei, fiice ale fluctuațiilor cuantice precedente inflației, s-au extins peste măsură și acum, în jurul acestor zone, se întâmplă ceva. Dacă am putea vedea dincolo de vălul întunecos care ascunde totul, am asista la un lent, dar implacabil fenomen prin care gazul devine dens. În aceste regiuni neuniforme, cu contururi franjurate, există o densitate ușor superioară mediei și forța gravitațională care derivă din asta atrage altă materie. Se construiesc astfel aglomerări tot mai impunătoare și, în timp ce se întâmplă asta, distribuția de materie capătă o simetrie sferică tot mai evidentă.

Procesul este foarte lent, va avea nevoie de sute de milioane de ani. Dar chiar dacă viteza cu care înaintează este aproape imperceptibilă, acțiunea gravitației nu lasă cale de scăpare: nimeni nu va mai reuși să împiedice dominația ei asupra universului material care tocmai s-a format.

În jurul neregularităților se acumulează enorme concentrații de gaz; încep să se distingă, ici și colo, corpuri sferice de masă enormă, de cel puțin 100 de ori mai grele decât Soarele.

Forța gravitației care se dezvoltă din ele este colosală: comprimă gazul, împingându-l tot mai violent spre centrul sistemului, care se încălzește și ionizează hidrogenul. Imensul corp ceresc este de-acum format din gaz în straturile exterioare și de o plasmă foarte caldă în miezul ei. Mușcătura implacabilă a gravitației face ca materia să atingă temperaturi de zeci de milioane de grade care provoacă fuziunea nucleară între nucleele de hidrogen și izotopii săi. Reacția produce o imensă cantitate de căldură, care se propagă pretutindeni sub forma unui flux de neoprit de fotoni și neutrini.

O scânteiere orbitoare de lumină vizibilă se aprinde în bezna cea mai adâncă. Universul este încă învăluit în tenebre, dar noua lumină tocmai a început să brăzdeze distanțele imense și foarte curând va fi însoțită de nenumărate alte surse luminoase care se vor aprinde pretutindeni.

S-a născut prima stea când am ajuns în a cincea zi și au trecut 200 de milioane de ani.

Ieșirăm iar către lumini și stele

[4]

Nu există vers mai puternic decât cel ales de Dante pentru a încheia poemul Infernului. Endecasilabul este un concentrat al acelui sentiment de consolare pe care priveliștea cerului înstelat o inspiră omenirii, încă din negura vremurilor. Aceeași stare sufletească care îi va sugera lui Leopardi un incipit la fel de uluitor: „Nu mai credeam, dulci stele ale Ursei, / s-ajung a vă mai contempla o dată / sclipind peste grădina părintească“[5].

După ce a trecut prin spaimele și pericolele lumii tenebroase ale Infernului, ale întunericului care ascunde angoasă și trupuri chinuite, sau la finalul unei meditații amare asupra unei existențe diferite de cea pe care și-o imaginase, revederea stelelor, nemișcate pe bolta cerească, atenuează neliniștile și oferă alinare. Cu aparenta lui persistență și permanență, cerul înstelat ne apără de teama schimbărilor și a catastrofelor și ne reconfortează, mângâind dorința noastră infantilă de stabilitate.

Și totuși, dacă se observă de aproape sau se cercetează mecanismele care agită straturile interioare ale

acestor aștri minunați, suntem în prezența unor procese materiale de o violență disproporționată și este dificil să găsești sisteme mai instabile și mai turbulente.

O stea ca Soarele nostru ne apare gigantică, având o rază de o sută de ori mai mare decât a Pământului care, prin comparație, devine un punctișor nesemnificativ. Și totuși, e o pitică galbenă, o stea medie ca dimensiuni, una dintre numeroasele care abundă în galaxia noastră. N-are a face cu giganții categoriei, ca steaua mai mare a sistemului Eta Carinae, un monstru cu o masă de aproape 100 de ori mai mare față de cea a Soarelui. Dar, așa cum vom vedea, în lumea stelelor sunt importante avantaje evolutive să ai dimensiuni reduse.

Soarele este o sferă aproape perfectă de plasmă incandescentă, compusă în cea mai mare parte din hidrogen și heliu, dotată cu câmp magnetic și care se rotește în jurul axei sale la fiecare 25 de zile. Temperatura la suprafață se apropie de șase mii de grade, dar depășește milionul de grade imediat ce se pătrunde în straturile interioare.

Originea acestei enorme cantități de energie stă în mecanismele care se agită în miezul marii mingi de gaz ionizat. Imensa concentrație de materie produce o atracție gravitațională uriașă, care comprimă straturile de plasmă; temperaturile cresc tot mai mult, pe măsură ce te apropii de nucleu; în miezul stelei se depășesc 15 milioane de grade și în acest mediu se activează reacții de fuziune termonucleară.

Reușita fuzionării a două nuclee ușoare este un proces care produce o enormă cantitate de energie. Starea legată finală este mai ușoară decât cele două nuclee de pornire și diferența de masă se transformă în energia pe care o dezvoltă reacția.

Problema este că nu e deloc simplu, de exemplu, să fuzioneze doi protoni sau două nuclee de hidrogen. Având ambele sarcină electrică pozitivă se resping violent când se încearcă aducerea lor în contact, adică la distanța pentru care forța de atracție tare ar reuși să predomine asupra respingerii electromagnetice. Se poate realiza doar folosind coliziunile care derivă din condiții extreme de temperatură și de presiune.

În interiorul Soarelui, sub presiunea enormei forțe de gravitație, aceste condiții se realizează sau, mai bine spus, se apropie suficient de ea încât să reușească să stârnească fenomenul. Cea mai mare a parte a protonilor nu participă la fuziune, cu excepția unei fracțiuni care, prin efect de fluctuații cuantice, reușește să depășească bariera de potențial. Fenomenul face să participe o masă de hidrogen suficient de mare încât să permită producerea unei impunătoare cantitații de energie, dar oricum suficient de mică încât să permită stelei să strălucească miliarde de ani.

În miezul Soarelui, nucleele de hidrogen și ale izotopilor lui, deuteriu și tritiu, fuzionează, formând nuclee de heliu. Energia eliberată de reacții se prezintă sub formă de neutrini și fotoni de energie înaltă. Primii traversează fără probleme enorma sferă incandescentă și zboară liberi ca să ajungă în locurile cele mai îndepărtate din univers. Fotonii ar visa să facă același lucru, dar rămân captivi într-un prizonierat care pare să nu aibă niciodată sfârșit. Traversând materia ultradensă care îi înconjoară, fotonii intră în coliziune și sunt încontinuu absorbiți și emiși din nou de materialul pe care îl întâlnesc pe drum. În acest mod energia lor se reduce și direcția lor inițială se pierde. Vor rătăci în acest labirint infernal timp de milioane de ani, pentru că ciclul se va repeta de infinite ori înainte să reușească să scape din această încleștare. Până când, într-o zi, când de-acum își vor fi pierdut toate speranțele, vor apărea, aproape întâmplător, din suprafață și vor fi în sfârșit liberi. De acolo înainte vor putea să parcurgă distanțe interminabile: vor zbura departe, cu viteza luminii, ca să încălzească și să lumineze tot ce îi înconjoară.

Reacția termonucleară ține într-un echilibru precar tot sistemul. În profunzimea Soarelui se dă o luptă inegală între gravitație și forța tare. Cea mai slabă dintre interacțiuni, ale cărei efecte au fost îndelung ignorate, își ia revanșa și o obligă la confruntare pe prima din clasă, acea interacțiune tare care o privea de sus. După ce a dat semnalul adunării pentru tot hidrogenul care rătăcea prin împrejurimi și l-a strâns și organizat în perfecta geometrie sferică a Soarelui, știe că este invincibilă și poate să lanseze strigătul ei de luptă.

O presiune îngrozitoare strivește materia și încearcă să o fărâmițeze în componentele ei elementare. Protonii vecini și obligați la fuziune scapă deocamdată de destinul lor; acea enormă cantitate de căldură care se eliberează odată cu formarea nucleelor de heliu tinde să facă plasma să se extindă și se opune încleștării gravitației. Se creează o situație de echilibru, intrinsec instabilă, pentru că mai devreme sau mai târziu hidrogenul se va consuma, dar lupta va putea dura miliarde de ani.

Cel mai turbulent dintre medii, devastat de curenți de convecție, vortexuri enorme și erupții de plasmă uriașe, văzut de la o anumită distanță ne va părea un astru benefic și liniștitor, iar toate popoarele îl vor elogia ca pilastru al ordinii care susține lumea.

Milenii la rând vom ignora lupta furibundă care se desfășoară în interiorul lui. E o confruntare epică, dar cu rezultat scontat, pentru că se cunoaște deja numele învingătorului și se știe că prăbușirea adversarului, când înfrângerea va veni, va fi dezastruoasă.

Confruntarea dintre Zeus și zeii Olimpului împotriva Titanilor conduși de Cronos a durat 10 ani. Cu

ajutorul fulgerelor, noile arme prelucrate de Ciclopi, și al stâncilor aruncate de Hecatonchiri, aliații săi giganți cu 100 de brațe, Zeus i-a înfrânt pe Titani și i-a făcut să cadă în întunericul adânc al Tartarului. Lupta îndârjită între gravitație și forța nucleară tare, care are drept câmp de luptă centrul Soarelui, va dura mult mai mult timp. Va fi nevoie să treacă 10 miliarde de ani ca să consume hidrogenul disponibil, dar, când se va întâmpla, nimic nu se va mai putea opune gravitației și va avea loc catastrofa.

Era epică a megastelelor

Primele stele care au strălucit în univers, la 200 de milioane de ani după Big Bang, erau aștri foarte speciali. Se crede că au fost gigantici, de 100–200 de ori mai mari decât Soarele, și de aceea sunt numiți megastele. S-au format în bezna profundă a erei întunecate, având nevoie de zeci de milioane de ani să agrege imensele cantități de hidrogen necesare. Vânătoarea pentru a descoperi vreuna care să strălucească încă prin cotloanele cele mai îndepărtate ale universului este deschisă, dar până acum nu a produs rezultate.

După recombinare, materia normală a universului este de-acum alcătuită din atomi, este așadar complet neutră și încă se răcește. Gravitația o concentrează, lent, în jurul nodurilor de densitate mai ridicată a distribuției de materie întunecată care învăluie imensul nor de gaz. Neregularitățile se traduc în zone cu atracție gravitațională mai intensă, care formează așadar aglomerări de materie tot mai impunătoare.

Superstelele primordiale nu apar izolat, ci se agregă în grupuri mai mult sau mai puțin numeroase, organizându-se în familii mari. Această distribuție spațială, local neomogenă, se va reflecta în formarea succesivă a galaxiilor.

Sunt foarte diferite de stelele actuale nu doar prin dimensiuni, dar și pentru că sunt compuse doar din hidrogen și heliu. Megastelele sunt complet lipsite de elementele mai grele pur și simplu pentru că acestea încă nu s-au format. Sinteza nucleelor de carbon, azot și oxigen — care vor fi componentele indispensabile pentru apariția și evoluția unor structuri mai complexe, precum galaxiile și planetele — va avea loc doar în straturile interioare ale acestor noi aștri.

În stelele pitice, ca Soarele, urmaș al unui lung lanț de generații de stele primordiale, aceste elemente sunt prezente, dar nu participă în manieră semnificativă la procesele nucleare, care sunt dominate de lanțul proton-proton. Dimpotrivă, stelele mai masive decât Soarele, care ating presiuni și temperaturi interioare cu mult mai mari, pot produce alte reacții nucleare de fuziune, care folosesc elemente mai grele. În particular, la temperaturi suficient de ridicate, nucleele de carbon, azot și oxigen pot îndeplini rolul de catalizatori pentru fuziunea hidrogenului și îi pot crește eficiența. Însuși acest proces constituie o limită a dimensiunilor stelelor mai masive din universul actual. Pentru o masă mai mare de aproximativ 150 de ori decât cea a Soarelui, reacțiile nucleare legate de lanțul carbon-azot-oxigen s-ar întâmpla cu o viteză atât de mare, încât ar duce rapid la distrugerea structurii stelare.

Această limită nu este valabilă în schimb pentru megastele: viteza singurului lanț proton-proton permite formarea de uriași care pot depăși și cele trei sute de mase solare. Totuși, cu cât sunt mai mari dimensiunile stelei, cu atât mai rapidă este folosirea combustibilului. Pentru stele este valabilă maxima „mic e frumos“, în sensul că există avantaje considerabile să fii de talie mică. Soarele poate arde lent miliarde de ani, în timp ce supergiganții, care se uită la el de sus pentru dimensiunile lui, vor avea o viață foarte scurtă, care va ajunge la cel mult un milion de ani.

Superstelele, care au început să strălucească în universul primordial la 200 de milioane de ani după Big Bang, sunt aștri impunători, extrem de luminoși, dar cu viață scurtă. Cu lumina lor pun capăt întunericului, dar au o existență efemeră, ca licuricii primăvara.

Megastelele se succedă, din generație în generație, și, când ajung la sfârșitul existenței lor, explodează, răspândind în jur noile forme de materie pe care le-au prelucrat în imensele lor creuzete nucleare. În acest mod, universul se îmbogățește cu elemente precum carbon, oxigen și azot și, treptat, cu altele, tot mai grele, care vor modifica și reacțiile nucleare ale generațiilor următoare de stele. Cele care vor utiliza materialul distribuit în spațiu de megastele vor fi mai mici și mai puțin luminoase decât strămoșii lor gigantici, dar vor putea să trăiască mult mai mult timp și să dea startul unor transformări complexe, care presupun, înainte de toate, o mare cantitate de timp.

La fel ca marile pahiderme din Jurasic, care au lăsat locul mamiferelor mai mici și agile, megastelele au dispărut în decursul a câtorva sute de milioane de ani ca să dea naștere unor noi generații de stele, mai mici, dar mai adaptate să supraviețuiască.

Să captezi semnale provenind din această epocă întunecată și tăcută în care s-au format primele stele este una dintre provocările la care lucrează radioastronomia modernă. Singura radiație emisă de norii mari de gaz care se agregă în superstele este cea cunoscută ca linia de 21 de centimetri a hidrogenului

neutru. Este vorba despre un semnal electromagnetic foarte caracteristic, emis de hidrogen în regiunea microundelor; descoperirea lui ar fi o confirmare clară că s-a reușit pătrunderea în bezna epocii întunecate. E un semnal foarte slab, care se naște dintr-o tranziție interzisă a atomului de hidrogen, un fenomen foarte rar, care se poate observa doar când se cercetează enorme cantități de gaz. Radioastronomii l-au reconstituit măsurând marile nebuloase de hidrogen prezente în galaxia noastră, dar orice încercare de a-l identifica în zgomotul de fond al universului a eșuat.

Dacă se va găsi, se va putea reconstitui o hartă similară cu cea a radiației cosmice de fond care ne-ar oferi o imagine foarte precisă a distribuției materiei în epoca întunecată, pentru că s-ar putea vedea mecanismul de formare al superstelelor în toate detaliile și s-ar înțelege mai bine ce rol a avut faza de reionizare în formarea galaxiilor.

Cu ciclul frenetic de viață și de moarte al marilor stele primordiale se produce un nou fenomen: lumina emisă de noii aștri este atât de intensă, încât atunci când intră în coliziune cu hidrogenul, distribuit în spațiul înconjurător, ionizează atomii gazului smulgându-le electronii. Fenomenul este și mai violent la moartea megastelelor, când o strălucire orbitoare marchează sfârșitul combustibilului nuclear. Lent, cea mai mare parte a materialului prezent în univers începe să fie complet ionizată, revenind în acea stare pe care o părăsise când avusese loc recombinarea, la 380 000 de ani după Big Bang, și se asistă la o creștere progresivă a întunericului. Este epoca reionizării, care începe la câteva sute de milioane de ani după apariția primelor megastele.

Pentru o lungă perioadă, universul redevine întunecos, într-o continuă alternanță de lumină și întuneric care pare să nu se sfârșească niciodată. Acum universul este plin de stele, enorme și foarte luminoase, dar nu mai este transparent. Electronii liberi interacționează cu fotonii emiși de stele și îi atenuează și îi capturează, împiedicându-i să transmită lumina pe distanțe mari. Universul recade, încă o dată, în cea mai adâncă beznă.

Procesul va continua câteva sute de milioane de ani, timpul necesar pentru a ioniza tot gazul de hidrogen. Materia acum a redevenit o plasmă, o stare asemănătoare cu cea care provocase epoca întunericului și ar putea, teoretic, să absoarbă toată lumina produsă. Dar universul continuă să se extindă și densitatea se reduce tot mai mult până când devine atât de scăzută, încât, odată terminat procesul de reionizare, totul redevine transparent. De atunci, gazul cald și ionizat cuprinde universul întreg, dar densitatea lui este atât de scăzută, încât lumina poate să-l traverseze dintr-o parte în alta.

În sfârșit, înainte ca universul să sărbătorească primul lui miliard de ani, lumina a dominat peste tenebre. Lupta a fost foarte dură și uneori a existat temerea că întunericul o s-o strivească pentru totdeauna. Dar acum a învins și succesul, de data asta, este definitiv.

Un incredibil foc de artificii cosmic

Procesele nucleare care s-au stârnit în interiorul megastelelor au dus, treptat, la formarea de elemente mai grele. Carbon, azot, oxigen și tot restul elementelor până la fier s-au acumulat lent în straturile interioare, ținute captive de gravitație. La sfârșitul ciclului lor vital, structura marilor stele a fost sfâșiată de explozii titanice, care au distribuit totul în spațiul înconjurător. După numeroase cicluri, din aceste pulberi stelare bogate în elemente grele, inclusiv multe metale, s-au născut alte stele și alte planete, ca Soarele și Pământul nostru.

Faza de maximă intensitate în care stelele mor, producând efecte cu adevărat spectaculoase, are un rol decisiv în formarea sistemului nostru solar și merită să o descriem în detaliu.

Sfârșitul stelelor depinde în mare măsură de masa lor. Stele cu o greutate depășind 10 mase solare produc în interiorul lor densitate și temperaturi colosale. În miezul acestor monștri se depășesc din abundență miliardele de grade și, la aceste temperaturi, reacțiile de fuziune implică toate elementele. Cu trecerea timpului se consumă elementele mai ușoare — hidrogen și heliu — și încep fuziunile de elemente mai grele produse în reacțiile mai complexe: carbon, azot, oxigen și așa mai departe. Când se ajunge la fuziunea siliciului și se produce fierul, procesul se oprește. Nu sunt posibile reacții ulterioare și miezul stelelor, care nu mai produce energie, cade într-un colaps catastrofal.

Sub impulsul implacabil al gravitației, nucleul central se contractă brusc, reducând dimensiunile stelei de sute de mii de ori și aceasta explodează. Toate straturile situate deasupra se trezesc suspendate în gol și forța furibundă a gravitației le face să precipite spre nucleu, devenit un obiect minuscul și teribil de compact. Impactul înspăimântător asupra nucleului și reacțiile nucleare care derivă din asta aruncă tot materialul spre exterior. O masă de gaz imensă, echivalentă cu multe mase solare, produce o undă enormă de ciocnire care se propagă în spațiu la mai mult de 10 000 de kilometri pe secundă și va rămâne vizibilă secole la rând. Norii de gaz, bogați în elemente grele și chimic diverse, vor ajunge la mari distanțe

și vor constitui materialul de bază pentru noi agregări.

Așa cum forța lui Zeus îi azvârle pe Titani în abis, tot așa gravitația, înfuriată de tot timpul pierdut pentru a se opune forței nucleare, mâniată pentru că aceasta a împiedicat-o până acum să domine, își ia revanșa și-și sărbătorește triumful cu un înfiorător urlet tăcut, care sfâșie steaua și îi aruncă fragmentele în spațiu la viteze colosale.

O strălucire orbitoare de lumină traversează cerul. Atât de intensă, încât pământeni ignari, la o distanță de mii de ani-lumină, când, la timpul cuvenit, o vor zări, se vor gândi că acel punctișor luminos, apărut în mod neașteptat pe cer, nu marchează moartea unei stele, ci indică nașterea unui nou astru, pe care o vor numi nova stella sau supernovă. Uimirea va fi universală și fenomenul se va înregistra în anale, fiind considerat semn de soartă rea sau de bun augur, în funcție de împrejurări și conveniențe.

Toate nucleele care compun corpul nostru — calciul din oase, oxigenul din apă, fierul din hemoglobină — au traversat acest trecut vijelios și îngrozitor. Acum atomii pe care i-au format se supun cu docilitate reacțiilor chimice și biologice care garantează existența noastră. Dacă doar ar putea să ne spună câteva povești despre copilăria lor aventuroasă... sau măcar coșmarul acelei nașteri atât de traumatice: mai întâi produși în condiții extreme de temperatură și presiune ale miezului unei stele, apoi aruncați la viteze colosale în spațiul vid absolut, pentru miliarde de ani, așteptând crearea unei noi agregări.

Exploziile de supernove sunt printre fenomenele cele mai catastrofale ale universului și constituie o prețioasă sursă de informație despre dinamica stelelor și alcătuirea galaxiilor. Fenomenul eliberează o cantitate enormă de energie în diferite forme. Cea mai mare parte a energiei este emisă sub formă de neutrini: un flux colosal al acestor foarte ușoare particule luminează universul întreg ori de câte ori explodează o supernovă. Din fericire, neutrinii sunt delicați și amabili și unicul semn pe care-l lasă, în trecerea lor peste Pământ, sunt câteva semnale inofensive în marile detectoare care le sunt dedicate. O parte importantă a energiei este folosită în accelerarea undei de coliziune care împinge materialul de jur împrejur. Restul sunt unde gravitaționale și radiație electromagnetică de toate frecvențele: lumina, care produce strălucirea vizibilă și pentru noi, dar mai ales fotonii de energie înaltă, străfulgerări cu raze X și gama care sunt aruncate cu putere, împreună cu particule cu sarcină electrică accelerate de unda de coliziune, pe mari distanțe. Sunt fenomene care durează săptămâni sau chiar luni; unele, legate de dezintegrarea radioactivă a izotopilor produși în norul de gaz, durează chiar decenii.

Explozia unei supernove este unul dintre cele mai incredibile spectacole naturale pe care mintea noastră reușește să și-l imagineze, dar e întotdeauna bine să nu se întâmple prea aproape de noi. Efectele acestor radiații ar putea fi fatale pentru multe, dacă nu pentru toate speciile care populează planeta. Din fericire, stelele masive pentru care este prevăzută această ieșire din scenă pirotehnică sunt destul de rare și toate suficient de îndepărtate de noi.

Cea mai aproape de noi este Betelgeuse, o stea roșiatică, vizibilă cu ochiul liber, chiar deasupra centurii lui Orion. E o supergigantă roșie, de 10 ori mai masivă decât Soarele, cu un diametru enorm. E o stea atât de disproporționată, încât, dacă am așeza-o în locul Soarelui, ar ocupa sistemul solar până aproape de orbita lui Jupiter. Steaua se apropie de sfârșitul ei: se prevede că nu-i rămân mai mult de unul, cel mult două milioane de ani și, când va exploda, va fi un spectacol. Strălucirea ei va lumina nopțile luni în șir, ca și cum ar fi mereu lună plină. Marele foc de artificii pe care-l va face Betelgeuse nu ar trebui să constituie un pericol pentru pământeni, dacă vor mai exista, pentru că, din fericire, steaua este la o distanță de aproape șase sute de ani-lumină, o distanță considerabilă, care ar trebui să le permită locuitorilor Pământului să se bucure de spectacol în deplină siguranță.

Și Soarele cum va sfârși? Este prea mic ca să explodeze în mod catastrofal și totuși, când va veni momentul să-și ia rămas-bun, și steaua noastră va produce un performance discret. Acest lucru ar putea chiar să se dovedească îngrijorător, dacă evenimentul nu s-ar produce peste destul timp. Pentru o bună bucată de vreme n-ar trebui să avem probleme, dat fiind că rezerva de hidrogen a Soarelui ar trebui să ajungă pentru alte cinci sau șase miliarde de ani. Când se va termina, vor începe reacțiile care vor implica elementele mai grele; în acest moment, nucleul interior se va încălzi și volumul Soarelui va crește până o să-l transforme într-o gigantă roșie. Dimensiunile lui se vor extinde destul de rapid, până vor ajunge, în ordine, la Mercur, Venus și Pământ, pe care le va pulveriza. Lucrul acesta n-ar trebui să ne preocupe prea mult pentru că deja cu mult timp înainte puterea Soarelui va fi crescut cu aproximativ 40% și pe Pământ, așadar, vor fi dispărut, dintr-o epocă îndepărtată, calotele glaciare de la poli și toate oceanele se vor fi evaporat, făcând imposibilă aproape orice formă de viață.

Ajuns la sfârșitul lui, Soarele va expulza straturile exterioare de gaz și se va transforma într-o nebuloasă planetară. Lent, nucleul va scăpa de halo și va părea un obiect de dimensiuni asemănătoare cu ale Pământului, extrem de dens, foarte cald și luminos: o pitică albă, sau un mic corp strălucitor alcătuit din nuclee de carbon și oxigen complet ionizate și protejate de o armură compactă de electroni, robust până în punctul în care va împiedica ulteriorul colaps gravitațional. Micul astru va continua să se răcească, poate pentru zeci de miliarde de ani, până când va deveni o pitică neagră, sau un obiect inert, invizibil, în care nu va mai rămâne nicio urmă de antică strălucire.

Fascinația stelelor negre

Stele de dimensiuni mult mai mari decât Soarele, când își consumă combustibilul nuclear, se transformă în obiecte încă și mai exotice: dacă au o masă cuprinsă între 10 și 30 de mase solare, se formează foarte densele stele neutronice — sau mici sfere cu raza de 10–20 de kilometri care conțin o dată și jumătate masa Soarelui.

Stelele neutronice se formează când colapsul gravitațional este atât de violent încât fărâmițează într-o zeamă de protoni și neutroni toate nucleele elementelor care îl compun. Gazul de electroni, care la piticele albe acționează ca scut protector, aici este distrus într-o clipă. Forța gravitației, în obiecte atât de masive, este de așa natură încât electronii și materia nucleară sunt comprimate până în punctul în care provoacă reacții de captură din partea protonilor care sunt transformați toți în neutroni. Se formează un corp extrem de compact, și cu densitate colosală, asemănător unui nucleu atomic gigantic, compus integral din neutroni, strâns uniți între ei de forța tare. O materie cu densitate atât de mare, încât masa unui munte ca Everest ar putea fi conținută într-o linguriță de ceai.

Pentru a face totul și mai impresionant, mica sferă se rotește în jurul axei sale cu viteze înspăimântătoare. Au fost identificate stele neutronice cărora le trebuie puține miimi de secundă să facă o rotire completă. Straturile superficiale ale acestor stele, care se învârtesc cu sute de rotații pe secundă, se mișcă cu viteze care pot lesne depăși 50 000 de kilometri pe secundă.

Fenomenul se naște din colosala contracție produsă în timpul colapsului. Mișcarea, lentă și pașnică, de rotație în jurul propriei axe a stelei-mamă, este exacerbată prin conservarea momentului cinetic. Dacă perioada originară se măsura în săptămâni sau în luni, când raza se contractă de la milioane de kilometri la câteva zeci, frecvența crește la sute de rotații pe secundă. Patinatoarea pe gheață și-a strâns, brusc, brațele la piept și pirueta a devenit mult mai rapidă și spectaculoasă.

Rapida contracție a dimensiunilor, legată de colapsul gravitațional, amplifică enorm și câmpul magnetic originar. Acele linii de forță gigantice, care înfășoară marea stea, sunt acum forțate să se închidă în jurul micului nucleu compact și densitatea lor explodează. Stelele neutronice produc câmpuri magnetice extreme, de miliarde de ori mai mari decât cele ale stelelor obișnuite.

Când axa magnetică a stelei neutronice nu coincide perfect cu axa de rotație, electroni și pozitroni, rămași liberi la suprafața stelei, sunt accelerați spre poli și produc o puternică undă de radiație electromagnetică, care se rotește cu aceeași frecvență ca a stelei. Dacă Pământul se găsește în conul de emisie al acestei stații radiofonice atât de speciale, putem înregistra un semnal radio pulsat și foarte regulat, un orologiu cu o precizie extremă, un fel de far foarte puternic care, în loc de lumină, emite unde radio. Am găsit un pulsar.

Singularitatea găurilor negre

Când masa stelelor este cu adevărat neobișnuită, depășind cele 30 de mase solare, rezultatul colapsului este formarea unei găuri negre. Nici măcar neutronii nu reușesc să reziste la impulsul gravitației și se fărâmițează; chiar și componentele lor elementare sunt comprimate în manieră furibundă, astfel încât să concentreze masa reziduală într-un volum virtual infim.

Se nasc în acest mod sisteme în interiorul cărora dăinuie legi ale fizicii pe care încă nu le cunoaștem și care permit înmagazinarea într-un spațiu inaccesibil, ce corespunde unui diametru de câteva zeci de kilometri, de la cinci la 50 de mase solare.

O fi pentru că amintește unul dintre coșmarurile cele mai recurente — al căderii de neoprit într-un puț fără fund — sau poate pentru că, într-un trecut îndepărtat, strămoșii noștri au trăit pericolul de a fi sfâșiați și devorați de sălbăticiuni feroce. Cert este că, imediat ce spui găuri negre, se declanșează instantaneu un reflex de panică ancestrală.

Până cu puțini ani în urmă subiectul interesa cel mult câteva mii de specialiști care discutau la conferințele lor, inconștient de liniștiți, fără să știe că foarte curând va urma o explozie de interes popular pentru un subiect atât de exotic.

Ideea că bolta noastră cerească poate găzdui stele negre este veche de cel puțin câteva secole. Primul care a făcut ipoteze, în 1783, a fost reverendul John Michell, filosof naturalist și mare om de știință al epocii. Reflectând la teoria corpusculară a luminii dezvoltată de Newton, pentru Michell a fost simplu să-și imagineze stele într-atât de compacte și de masive, încât să producă o atracție gravitațională colosală,

atât de puternică, încât să facă pentru totdeauna captivă lumina emisă la suprafața ei. Particulele de lumină s-ar fi comportat ca pietre aruncate de pe Pământ, desenând traiectorii parabolice care le-ar fi adus, implacabil, înapoi la cota de pornire.

Ideea lui Michell era atât de avangardistă, încât nimeni n-a luat-o în considerare timp de aproape 200 de ani. Un prim moment de ruptură se înregistrează în 1916, când Albert Einstein își publicase de puțin timp teoria relativității generale și Karl Schwarzschild, un fizician german care se înrolase în Marele Război și lupta pe frontul rusesc la comanda unui post de artilerie, reușise să obțină articolul care va rămâne în istorie. În scurt timp, Schwarzschild a reușit, folosind un sistem diferit de coordonate, să găsească o soluție exactă la ecuațiile pentru care Einstein însuși nu mersese dincolo de soluții aproximative.

Cu această nouă abordare, spațiul-timp căpăta o simetrie sferică și pentru orice masă se putea defini o rază, care va purta numele de Schwarzschild, sub care apărea o singularitate: o curbă a spațiului-timp atât de mare, încât fotonii înșiși n-ar fi reușit să scape. Soluția era atât de bizară, încât nici Einstein, nici chiar Schwarzschild n-au îndrăznit să scrie, sau măcar să-și imagineze că în spatele formulei matematice s-ar putea ascunde o nouă clasă de corpuri cerești.

Va fi nevoie să se aștepte anii 1970 pentru a fi născocită expresia gaură neagră, introdusă în 1967, cu o nuanță de ironie puternică, de fizicianul american John Wheeler, printre primii care a intuit că putea fi vorba de obiecte astronomice reale și că se deschidea un nou domeniu de cercetare. De atunci, studierea găurilor negre și vânarea tuturor semnalelor posibile care ar putea să le sugereze prezența a marcat profund astrofizica modernă.

Anii 1970 ne-au adus contribuțiile teoretice fundamentale ale lui Roger Penrose și Stephen Hawking și primele observații indirecte de găuri negre candidate. Un catalog care s-a îmbogățit de la an la an, până la descoperirea, surprinzătoare, a găurilor negre supermasive prezente în nucleul central al majorității galaxiilor eliptice sau spiralate. Toate amintesc, în fine, că a existat o coliziune între găuri negre, de aproximativ 30 de mase solare, care a provocat primul semnal de unde gravitaționale înregistrat de marile observatoare LIGO din SUA în 2015.

Găurile negre se pot „vedea“ indirect, prin semnalele care se nasc din interacțiunea lor cu forme de materie normală. Când orbitează o stea masivă, forțele lor mareice smulg nefericitei tovarășe enorme cantități de material: gazul ionizat, accelerat de câmpul gravitațional al găurii negre care se pregătește să-l înghită, formează discuri de creștere care emit radiații în multe lungimi de undă. Pentru a face spectacolul și mai pirotehnic, s-au înregistrat adesea impunătoare jeturi de materie, expulzate de la poli, care călătoresc în spațiu la viteze apropiate de viteza luminii.

Găurile negre sunt așadar noua clasă de corpuri cerești, destul de rare și totuși prezente în multe zone ale universului. Astăzi știm că sunt obiecte foarte diferite între ele, nu doar prin dimensiuni și caracteristici, staționare sau rotitoare, neutre sau cu sarcină electrică, dar și prin dinamica din care se nasc și evoluția pe care o au.

Se pot forma prin colapsul gravitațional de stele supermasive. Dar se pot naște și când stele neutronice intră în coliziune între ele sau ating masa critică absorbind materie din stele normale cu care interacționează în sisteme binare.

O fuziune prețioasă

Coliziunea dintre stele neutronice, pe lângă faptul că dă naștere unor noi găuri negre, poate produce efecte uluitoare.

Imaginați-vă un enorm nor de aur și platină, cu o masă de sute de ori mai mare decât a Pământului. E spectacolul incredibil care a apărut în fața ochilor astronomilor, acum ceva timp, când au concentrat instrumentele lor într-o zonă a cerului apropiată de constelația Lirei. O adevărată „fabrică cosmică de metale grele“ datorată unui eveniment catastrofal: coliziunea dintre două stele neutronice.

Suntem în august 2017 și de câteva zile, pentru prima dată, cele două observatoare, prin interferometru, americane LIGO și cel italo-francez VIRGO, din apropiere de Pisa, acționează împreună. Vânează unde gravitaționale produse de fuziunea de găuri negre și imediat înregistrează un eveniment asemănător cu cel descoperit în 2015. Apoi, la distanță de trei zile, captează un semnal, ciudat, diferit de cele obișnuite, mai puțin intens, dar mult mai lung în timp: semnătura caracteristică a undelor gravitaționale produse de fuziunea stelelor neutronice.

Nu este vorba despre corpurile ultramasive care fuseseră la originea primelor semnale; și două stele neutronice, când se întâlnesc, ajung să fuzioneze într-o coliziune catastrofală; în timp ce se învârt în spirală una în jurul celeilalte cu viteze apropiate de cea a luminii, deformează spațiul-timp și produc un

semnal de unde gravitaționale care durează zeci de secunde.

Toate astea s-au întâmplat la o distanță, în termeni cosmici, destul de modestă: doar 130 de milioane de ani-lumină, în loc de 1 400 de miliarde a primei și senzaționalei descoperiri. Semnalul inițial era mai slab, pentru că masele care au fuzionat erau mai mici, dar distanța mai mică a permis observația.

Faptul că de această dată era în funcțiune și observatorul VIRGO a permis triangulația. Cu trei instrumente în acțiune, de data asta a fost posibilă identificarea sursei, iar alerta trimisă la 70 de observatoare distribuite pe toate continentele și în spațiu produce o recoltă frumoasă de rezultate. Semnalul de unde gravitaționale este însoțit de fotoni de energie înaltă și secvențe de emisii electromagnetice de energie mai scăzută care vor dura săptămâni la rând.

S-a înțeles imediat că străfulgerarea de raze gama înregistrată cu câteva secunde târziu de pe alte instrumente, ca FERMI — un telescop special pe orbita Pământului, și care provenea exact din aceeași regiune —, era legată de același fenomen. Cu toată probabilitatea, era indiciul că în coliziune se formase o gaură neagră.

Evenimentul din 17 august 2017 a fost începutul spectaculos al astronomiei multimesager. Același fenomen este studiat folosind semnalele pe care le emite pe toate lungimile de undă ale spectrului electromagnetic și în undele gravitaționale, obținându-se o înțelegere mult mai detaliată.

Acum știm că, atunci când două stele neutronice fuzionează, produc unde gravitaționale; și am înțeles de unde provin străfulgerările de raze gama asupra originii cărora, până astăzi, existau încă multe îndoieli. În cele din urmă, a fost o surpriză incredibilă, adăugată în săptămânile succesive primului semnal: astronomii au identificat, printre reziduurile fuziunii, o mică nebuloasă de materiale grele. O enormă cantitate de praf din metale prețioase, mase gigantice de aur și de platină care au fost produse de coliziune și expulzate la viteze colosale în spațiul înconjurător, pentru confirmarea spectaculoasă a teoriei care lansa ipoteza că elementele mai grele ale fierului ar putea să se formeze doar în evenimente catastrofale de acest tip.

Încă o dată trăim experiența descoperirii unor fenomene de o violență disproporționată care se ascund sub aparența unui echilibru cosmic, la prima vedere placid și liniștitor.

Cu descrierea acestor evenimente extraordinare, povestea noastră a ajuns la sfârșitul celei de-a cincea zi. Universul s-a populat cu zeci de mii de stele care, generație după generație, au răspândit în cosmos enorme cantități de gaz și praf din elemente grele, printre care se învârt furișate stele neutronice și găuri negre. De la originea universului au trecut de-acum 500 de milioane de ani și se formează deja primele galaxii.

Dante Alighieri, Infernul, Editura Minerva, București, 1982, p. 246, traducere din limba italiană de Eta Boeriu. (N.t.)

Giacomo Leopardi, Cînturi / Canti, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1981, p. 203, traducere din limba italiană de Eta Boeriu. (N.t.)

Ziua 6. Și haosul s-a deghizat în ordine

La începutul celei de-a șasea zi, în univers strălucesc de-acum zeci de mii de stele gigante. Se reproduc, din generație în generație, prin intermediul unor cicluri temporale destul de rapide, dacă sunt comparate la scările cosmice. De fiecare dată când moare una, marii nori de hidrogen și heliu ionizați care o învăluie se îmbogățesc cu elemente tot mai grele, până în punctul în care se găsesc peste tot mari nebuloase de gaz și praf care, la rândul lor, vor da viață unor noi generații de stele, mai mici și cu viață lungă.

Gravitația acționează lent asupra acestor aglomerări de materie care s-au format în jurul marilor porțiuni de materie întunecată; mult mai preponderente, în ce privește masa, aceste aglomerări generează adevărate gropi de potențial, spre care se lansează stele, gaz și praf. Totul se îndreaptă precipitat spre acest nimic, un miez de tenebre invizibil care atrage, iremediabil, tot. Din cauza șocurilor care se creează în această comprimare, gazul se încălzește și crește presiunea care reușește să se opună colapsului ulterior. Cea mai mare parte se concentrează în centrul haloului de materie întunecată, unde densitatea crește și tot restul gravitează în jur.

Conservarea momentului cinetic împiedică stelele și aglomerările de materie să intre drept în gaura centrală; simetria subordonată le obligă să se învârtă, lent, în jurul nucleului central și se formează un disc de rotație, un vârtej asemănător cu cel al uraganelor — astfel se naște o galaxie.

Cădem, iremediabil, nu există îndoieli, și căderea este fără ieșire. Un vârtej îngrozitor ne înghite, cel mai angoasant dintre coșmarurile noastre a devenit realitate. Sfârșitul nostru este marcat, mecanismul haotic și dinamic care guvernează totul nu ne lasă speranță. Timpii acestei catastrofe în realitate sunt foarte lungi, nu doar în raport cu viețile noastre individuale, dar și în raport cu timpii caracteristici ai speciei noastre, care locuiește lumea doar de câteva milioane de ani. Viața galaxiei se desfășoară pe o scară temporală de multe miliarde de ani; are tot timpul pentru a construi sisteme solare și planete și forme de viață care își pun întrebări despre cum funcționează totul.

Haosul s-a deghizat în ordine, și-a pus frumoasa mască a echilibrului și a armoniei și, de milenii, această mare înșelătorie ne liniștește și ne încurajează.

Spira mirabilis

Numele Calea Lactee, galaxia noastră, amintește literal grecescul galaxìas, din care derivă termenul generic de galaxie, care se poate traduce cu din lapte sau lăptoasă. În nume are ecou mitul originilor, legat de una dintre multele pungășii ale lui Zeus. Aprinzându-se de dorință pentru Alcmena, zeul suprem ia înfățișarea soțului ei, se împreunează cu preafrumoasa pământeană și o fecundează. Din raportul acela se naște Heracles, pe care Zeus îl răpește imediat, ca să-l ducă cu el pe muntele Olimp. Acolo îl pune în poala consoartei Hera, care dormea, astfel încât copilul să se poată înfrupta din laptele ei divin și să devină el însuși nemuritor.

Dar micul energumen, incapabil deja ca nou-născut să țină sub control exuberanța fizică ce-l va face să împlinească fapte legendare, se prinde cu o impetuozitate excesivă de sânul zeiței și suge cu lăcomie. Hera, trezindu-se brusc, îl respinge cu putere pe sugaciul acela necunoscut și laptele, țâșnind din sfârcurile divine, umple cerul cu picături albicioase, care se transformă imediat în stele minuscule, iar cele căzute pe pământ vor deveni crini.

Calea Lactee, galaxia noastră, este o aglomerare de stele, praf și gaz, ținută laolaltă de un enorm halo de materie întunecată. E o mare galaxie spiralată, o gigantică morișcă cosmică, organizată în brațe mai luminoase, în care se concentrează stelele nou formate; conține mai mult de 200 de miliarde de stele și totul se învârte în jurul regiunii centrale dense. În nucleu, este o asemenea concentrație de materie, încât constituie un fel de bară de densitate constantă, de unde clasificarea de galaxie spiralată barată.

Forma ei urmează geometria spiralei de creștere, o curbă care se regăsește în multe procese naturale. Pornind din centru, raza crește regulat cu unghiul, formând geometria încântătoare care caracterizează unele cochilii, ca Nautilus. Descartes a fost primul care i-a descris funcția și Jakob Bernoulli s-a îndrăgostit într-atât de ea, încât i-a spus spirala minunată, spira mirabilis tocmai, și a cerut să fie sculptată pe piatra lui funerară.

Diferit de ce se întâmplă în sistemul solar, unde viteza planetelor descrește odată cu creșterea distanței față de Soare, aici totul orbitează nucleul galactic cu o viteză aproape identică, aproximativ 200 de kilometri pe secundă, sau o frumusețe de 700 000 de kilometri pe oră. Am văzut deja că această viteză

radială, aproape constantă, este unul dintre cele mai evidente indicii ale prezenței excesive a materiei întunecate. În realitate, ceea ce numim Calea Lactee e doar o mică parte a galaxiei noastre.

Praf, gaz și stele, adică materia vizibilă, se distribuie pe un disc plat, de aproximativ 100 000 de ani-lumină în diametru și 2 000 în grosime. Soarele nostru, târând după el planetele lui, orbitează la o distanță de aproximativ 26 000 de ani-lumină de centrul galactic și, în ciuda vitezei considerabile, îi ia mai mult de 200 de milioane de ani să facă un tur complet. Totul este scufundat într-un imens halo sferoidal de materie întunecată, care se estimează că are un diametru de aproximativ un milion de ani-lumină. Partea luminoasă este aproape nesemnificativă în raport cu norul enorm de materie invizibilă și misterioasă care se insinuează pretutindeni și înconjoară totul și care contribuie cu 90% la masa globală.

Galaxii, roiuri și coliziuni

Faza de formare a marilor galaxii acoperă o perioadă lungă din viața universului. Primele agregări, în realitate, încep să se formeze la vreo 500 de milioane de ani după Big Bang și continuă până la trei, patru miliarde de ani, în timp ce micile galaxii compacte vor continua să se formeze și în următoarele miliarde de ani.

Calea Lactee este o galaxie de dimensiuni cu mult superioare mediei. Prin volumul pe care îl ocupă și numărul de stele pe care-l cuprinde, se poate considera, pe bună dreptate, o galaxie gigantică. Există totuși adevărați monștri, în prezența cărora dimensiunea considerabilă a galaxiei noastre pare ridicolă. Unul dintre aceștia este IC1101, o galaxie supergigantică ce conține mai mult de 100 000 de miliarde de stele și are un diametru de șase milioane de ani-lumină.

Numărul total de galaxii din univers a fost calculat extrapolându-le pe cele observate într-o mică porțiune de cer, care părea să nu conțină niciuna. Rezultatul este impresionant: estimările cele mai recente vorbesc de peste 200 de miliarde de galaxii. Fără să le luăm în considerare pe cele de dimensiuni prea mici sau prea puțin luminoase ca să fie observate la mari distanțe.

Împreună cu galaxiile spiralate, cele eliptice constituie forma cea mai comună; în ele stelele sunt organizate într-un volum ovoidal, aproape sferic. Aceste două tipologii acoperă aproape 90% din total, în timp ce restul au forme neregulate.

Cele care au forme neobișnuite sunt adesea galaxii de mici dimensiuni. Între acestea se găsesc structuri inel în diverse configurații, ca să nu vorbim de cele încă și mai stranii, pentru care au fost găsite asemănări cu profilul unui pinguin sau cu literele alfabetului. Adesea formele cele mai excentrice se datorează coliziunilor dintre galaxii. În ciocnire este foarte improbabil ca o singură stea să se ciocnească de un alt corp ceresc, dar puternicele interacțiuni gravitaționale datorate întâlnirii apropiate distrug structura ordonată a sistemului, care capătă apoi formele cele mai bizare. Se consideră că toate galaxiile s-au format la origine ca niște galaxii disc și că cele eliptice sunt rezultatul unor evenimente de fuziune sau de canibalizare a galaxiilor-satelit.

În jurul Căii Lactee se găsesc alte două galaxii gigantice: cea mai apropiată este Andromeda, în timp ce Galaxia Triunghiului stă doar puțin mai deoparte. Cele trei fac parte din grupul local în jurul căruia gravitează sateliți ca Norii lui Magellan, Mic și Mare. Galaxiile-satelit sunt vreo 60 în total; este vorba de eliptice pitice, unele într-adevăr minuscule, care conțin abia câteva mii de stele.

Calea Lactee și galaxia Andromeda par să se miște pe direcția coliziunii. Distanța este semnificativă — 2,5 milioane de ani-lumină —, dar nu glumește nici viteza cu care par să se îndrepte una spre alta: 400 000 de kilometri pe oră. În fine, există posibilitatea ca peste cinci sau șase miliarde de ani cele două galaxii să producă o coliziune cosmică într-adevăr spectaculoasă. Apropiindu-se, ar intra într-o fază turbulentă foarte lungă, în care forțele mareice ar deforma în manieră ireversibilă cele două spirale minunate, producând poate o singură structură gigantică. Galaxia Triunghiului ar rămâne o vreme să privească, apoi ar deveni un satelit al galaxiei care se va naște din fuziunea celor doi giganți și mai târziu, poate, va fuziona și ea cu noua, imensa agregare.

Grupurile locale pot fi formate din zeci de galaxii; dacă se depășește suta, nu se mai vorbește de grup, ci de roi. Grupuri, roiuri și galaxii izolate formează la rândul lor structuri și mai gigantice, numite superroiuri. Această organizare ierarhică este destul de comună și se regăsește cam peste tot. Grupul local al Căii Lactee, de exemplu, face parte din superroiul Fecioara, un sistem enorm care conține aproape 50 000 de galaxii. Diferitele superroiuri sunt legate între ele prin filamente de galaxii, care separă regiuni de spațiu vid foarte întinse. Această organizare de tip ierarhic ajunge să formeze o superstructură asemănătoare cu un burete, cu enorme bule de spațiu vid alternând cu regiuni cu mare densitate de galaxii — structura la scară mare a universului.

Miezul tenebros al galaxiei noastre, Calea Lactee

Nucleul galaxiei noastre se poate vedea și cu ochiul liber, într-o noapte senină de vară, privind spre sud, puțin deasupra orizontului, în constelația Săgetător. Nu se observă multe stele, dar, dacă aerul este senin și suntem departe de surse de poluare luminoasă, se întrezărește un fel de licărire vagă. E ceea ce rămâne din lumina unei concentrații mari de stele, atenuată de praful care devine dens în jurul centrului galactic. Pentru a avea o imagine mai clară trebuie folosite telescoape capabile să vadă prin praf, precum cele cu infraroșu sau cele care fac un fel de radiografie cu raze X.

Observațiile cu aceste instrumente au permis evidențierea enormei concentrații de stele a nucleului și au dus la o descoperire neliniștitoare. Când s-au măsurat vitezele orbitale de rotație ale unora dintre aceste stele, s-a văzut imediat că era ceva ce nu mergea, pentru că toate păreau să se miște la viteze mult mai mari decât cele prevăzute. Când s-a decis să se verifice, luni la rând, mișcarea a zeci dintre aceste stele foarte aproape de centrul galaxiei, s-au măsurat viteze uluitoare; una se rotea chiar cu 5 000 de kilometri pe secundă.

Când se văd zeci de stele care se rotesc în jurul a nimic, la viteze care implică o foarte mare atracție gravitațională, concluzia nu poate fi decât univocă: în centrul galaxiei noastre este o mare masă concentrată într-un obiect invizibil și gigantic, cu o masă de patru milioane de ori mai mare decât a Soarelui: am făcut cunoștință cu Sagittarius-A*. În miezul ei cel mai adânc și tenebros, placida noastră Cale Lactee ascunde un fel de monstru. Iată că se materializează cel mai sumbru dintre coșmarurile ancestrale: precipităm într-un puț gravitațional fără fund care, mai devreme sau mai târziu, va înghiți totul, implacabil.

Sagittarius-A* este o gaură neagră cu o masă enormă și are o rază Schwarzschild de aproximativ 12 milioane de kilometri; densitatea ei este mare, dar nici pe departe comparabilă cu cea a găurilor negre de origine stelară, care sunt mult mai puțin grele, dar și mai mici ca dimensiuni. Aparține unei clase noi: găurile negre supermasive; are caracteristici foarte diferite de cele ale semenilor ei, care reprezintă ultimul stadiu al evoluției marilor stele. În comparație cu Sagittarius-A*, găurile negre de vreo 30 de mase solare, care au produs primul semnal de unde gravitaționale, ne par obiecte minuscule și aproape educate.

Întâmplarea a vrut ca gaura neagră cea mai apropiată de noi să se așeze chiar acolo, în centrul constelației în care mitul grec îl așază pe Chiron, jumătate om și jumătate cal, cel mai iscusit dintre arcași. Monstrul Chiron, născut din împerecherea împotriva naturii a lui Cronos, care a posedat-o pe nimfa Filira, luând forma unui cal. Abandonat de mamă, dezgustată de înfățișarea lui, este educat de Apollo în toate artele și devine cel mai civilizat dintre Centauri, semenii lui violenți și animalici. E Săgetătorul prin excelență, simbol al omului care, prin cunoaștere și cultură, își depășește natura animalică: Chiron, mare expert în medicină, pe care legenda îl vrea erudit și mentor al marilor eroi, începând cu Ahile.

Sagittarius-A*, precum Chiron, ne va putea ajuta să înțelegem o lume care ne este ostilă și ne apare plină de pericole. Comportamentul găurilor negre supermasive, studierea acelor regiuni turbulente în care materia interacționează în condiții extreme, poate fi cheia pentru a înțelege lucruri foarte importante, care încă ne scapă. Iată de ce multe telescoape și instrumente de toate tipurile au fost îndreptate chiar într-acolo și colectează date tot mai surprinzătoare.

S-a observat că gaz și praf, care precipită spre gaura neagră, sunt încălzite la milioane de grade și emit, pe lângă radiația infraroșie, și unde radio. Sagittarius-A* are probabil un câmp magnetic și s-au descoperit urme ale unui disc de acreție, adică un fel de inel format din materia care este smulsă stelelor mai apropiate și se rotesc în jurul lui. S-au colectat semnale care par să indice jeturi relativiste la poli: un fel de sughiț sau o regurgitare a monstrului, care, când înghite mari cantități de praf și gaz, elimină o parte, împingând-o la poli cu o asemenea violență, încât o face să atingă viteze apropiate de cea a luminii.

În fine, ultima dintr-o serie de surprize, observând un roi de șapte stele, la trei ani-lumină distanță, astronomii au găsit o altă gaură neagră. Roiul este ținut laolaltă de acest obiect greu cât 1 300 de Sori și totul orbitează Sagittarius-A*. E prima gaură neagră cu masă intermediară găsită în interiorul galaxiei noastre și prezența ei ne poate da indicații despre mecanismul creșterii enorme a lui Sagittarius-A*, în parte datorată, în mod sigur, canibalizării altor găuri negre de mari dimensiuni. Descoperirea, foarte recentă, a unei alte duzini de găuri negre care o înconjoară a consolidat și mai mult această ipoteză.

Fiind atât de aproape de noi, nucleul central al Căii Lactee este un laborator ideal pentru a evidenția relativitatea generală și a studia fenomenele care au loc în zone de înaltă deformare spațio-temporală. De aceea se monitorizează încontinuu zecile de stele mari care se rotesc în jurul lui Sagittarius-A* pe scurte și rapide orbite eliptice.

Poate că învățătura lui Chiron, marele și înțeleptul Săgetător, ne va permite și nouă, bieților oameni de

știință pământeni, să ne emancipăm, mai devreme sau mai târziu, din ignoranța abisală în care trăim în ce privește aceste obiecte cerești gigantice.

Nu treziți balaurul care doarme

Masa lui Sagittarius-A* este cu siguranță enormă, dar pălește în comparație cu cea a găurii negre din centrul galaxiei NGC-4261 din constelația Fecioarei. Obiectul gigantic cântărește cât 1,2 milioane de mase solare.

Acesta este fără îndoială un caz extrem, dar de-acum convingerea comună e că aproape orice mare galaxie conține în nucleul său una dintre aceste găuri negre supermasive, cu mase care merg de la câteva milioane la câteva miliarde de mase solare. În fine, pare chiar că fără prezența acestor simpatici monștri nu se pot construi acele obiecte minunate care sunt galaxiile: configurații dinamice ale materiei care sunt stabile pe o scară de miliarde de ani.

Găurile negre foarte grele au alte caracteristici care le diferențiază de cele mai mici, rezultat al evoluției de stele masive. Nu au, de exemplu, densitatea colosală a partenerilor lor mai compacți. Cele mai mari găuri negre pot avea o densitate inferioară față de cea a apei, lucru care le face, aparent, și mai puțin feroce. Forțele lor mareice, cele care te fac bucăți dacă te apropii de o gaură neagră cu o masă de trei sau patru ori masa Soarelui, sunt mult mai blânde, aproape imperceptibile. S-ar putea traversa orizontul evenimentelor lor fără să-ți dai seama, cel puțin la început. În ciuda acestui aspect atât de docil, sunt însă printre obiectele cele mai periculoase ale cosmosului, capabile să devasteze o întreagă galaxie. Găurile negre supermasive sunt, într-adevăr, la originea unora dintre cele mai energetice fenomene din univers.

De exemplu, pentru multe decenii, quasarii — nume care derivă din contragerea lui quasi-stellar radio source, adică sursă radio care seamănă cu o stea — rămăseseră un adevărat mister. Astăzi se indică mai modern cu acronimul QSO, care înseamnă quasi-stellar object (obiecte aproape stelare). Este vorba despre sursele de lumină cele mai puternice din univers, descoperite spre sfârșitul anilor 1950. Inițial, au fost identificate pentru că emiteau semnale radio; apoi, îndreptând telescoapele optice spre zonele din care provenea semnalul, s-au înregistrat semnale luminoase foarte puternice. Regiunea activă se dovedea foarte mică, practic punctiformă, ca și cum ar fi fost o singură stea care producea minunea aceea.

Dar nicio stea nu putea străluci cu o lumină de 1 000 de ori mai intensă decât cea emisă de cele 200 de miliarde de stele ale Căii Lactee. În fine, în acele galaxii îndepărtate se întâmpla ceva misterios, care avea de-a face cu corpuri cerești ieșite din comun. Au fost făcute ipoteze despre cele mai bizare fenomene, dar, în cele din urmă, colectând date tot mai complete, concluzia a fost uluitoare: stelele negre erau cele mai luminoase dintre toate. Corpurile punctiforme care emiteau acea intensitate erau în centrul unor galaxii unde se ascundeau găuri negre supermasive; adesea simpaticii „balauri“ dormeau placid, precum cei din povești când nimeni nu-i deranjează; uneori făceau dovada întregii lor puteri „scuipând“ foc, lumină și toate felurile de unde electromagnetice pe distanțe colosale: era vorba, în acest caz, de nuclee galactice active.

Găurile negre supermasive care se găsesc în nucleul multor galaxii sunt foarte adesea pașnice, cum pare să fie cazul lui Sagittarius-A*, care înghite material, descompune câteva stele, dar, în fond, se comportă în manieră foarte educată și discretă. Ne-am dat seama de prezența ei abia recent, pentru că am vrut cu orice preț să privim înăuntrul nucleului galactic. Îmboldiți de curiozitate, ne-am dus să vedem ce se întâmpla sub stratul de praf care ascundea totul și am descoperit că Sagittarius-A* se joacă de-a șoarecele și pisica cu stelele care o orbitează cu viteză. De altfel, nimeni n-ar fi observat nimic ciudat.

Nucleul galaxiei noastre, văzut din afară, nu îngrijorează, nu emite radiație periculoasă, nu produce daune. Dar cazul nostru este norocos. Uneori se întâmplă ca nucleul unei galaxii să intre într-o stare de agitație de maximă intensitate și atunci sigur apar probleme pentru toți. Se întâmplă când acolo, chiar în jurul centrului, există o densitate foarte mare de materie, stele, gaz și praf; dacă, în fine, este mult de mâncat, pentru gaura neagră izbucnește un fel de frenezie alimentară. Se înconjoară de un disc enorm de acreție, materia este descompusă și târâtă să se rotească în jurul lui, într-un carusel infernal unde vitezele foarte mari, coliziunile și interacțiunile dintre fărâme de materie produc fenomene care încălzesc totul la milioane de grade.

Materia ionizată și redusă în componentele ei elementare produce imense câmpuri magnetice care, la rândul lor, interacționează cu restul materialului. Când sunt importante discuri de acreție, se văd adesea enorme jeturi de particule și radiație asociată, care se ivesc din polii găurii negre. Vorbim de fascicule colimate, foarte energetice, de materie și radiație, emise de nucleul activ în direcție perpendiculară față de planul galaxiei. Imaginile colectate sunt impresionante: se văd imense filamente de materie care, născute din centrul galactic, se pot întinde pe zeci de mii de ani-lumină. Radiația intensă emisă apare sub formă de lobi, care ies în afara galaxiei formând protuberanțe extinse pe milioane de ani-lumină.

Detaliile fenomenului încă nu sunt complet clare. Se crede că, în timp ce o parte a materiei ionizate dispare în orizontul evenimentelor și face să crească și mai mult gaura neagră, o fracțiune este deviată spre poli unde suportă accelerații înfricoșătoare. Vedem în funcțiune, în cosmos, sute de acceleratoare mult mai puternice decât LHC, care produc jeturi relativiste asemănătoare cu cele pe care le studiem la CERN, dar la dimensiuni comparabile cu cele ale unei galaxii.

O mică fracțiune a galaxiilor active are propriile jeturi spectaculoase orientate chiar spre Pământ. În acest caz putem observa un spectru de radiație electromagnetică amplificat de enorma viteză a jeturilor, caracterizat de rapide și violente variații de flux. Din punct de vedere istoric, acest tip de surse au fost numite blazari, după numele primului obiect ciudat care a manifestat acest comportament: BL Lacertae, care se găsea în constelația Șopârlei și avea o luminozitate atât de dependentă de timp, încât se credea că este o stea variabilă ce aparține Căii Lactee. Cu observații mai precise s-a văzut în schimb că era o galaxie la distanță de 900 de milioane de ani-lumină. Când originea comportamentului a fost corelată cu un nucleu galactic activ, fenomenul a intrat din nou în această clasă mai largă.

Quasari, blazari și, în general, nuclee galactice active sunt fenomene destul de rare în univers și totuși au fost descoperite cu sutele de mii. Se găsesc foarte puține în galaxiile pitice, în timp ce în galaxiile eliptice gigantice sunt destul de frecvente, până la unu din cinci, rezultat al fuziunii mai multor galaxii.

Pare de-acum stabilită și o dependență puternică de vârsta galaxiei. Există o înaltă fracțiune de quasari, de exemplu, în galaxiile mai vechi, indiciu al faptului că nucleele galactice active au jucat un rol fundamental în construirea galaxiilor primordiale. Ca dovadă a acestui argument, cel mai vechi quasar identificat datează de acum 700 de milioane de ani după Big Bang. În fine, erau prezenți deja în primele mari structuri, dar apogeul prezenței lor datează din urmă cu aproximativ 10 miliarde de ani, apoi procentul scade.

Faptul pare să fie legat de un mecanism de consumare progresivă a combustibilului necesar. Gaura neagră concentrează în ea, arde și recicleazā toată materia pe care reușește să o captureze din împrejurimi timp de miliarde de ani. Mecanismul însuși și foarte puternica radiație produsă în proces ajung să sărăcească tot nucleul de combustibilul necesar. Fără material nou, discul de acreție se întrerupe și procesul se stinge de la sine.

Asta ar explica de ce numeroase galaxii mari, ca a noastră, deși găzduiesc o gaură neagră imensă, nu au nuclee active: nu a rămas suficient material. Deci, în ce privește Calea Lactee, putem dormi liniștiți. Cu condiția să nu intre în coliziune cu Andromeda. Când asta se va întâmpla, fuziunea ar putea aduce din nou în nucleu material suficient pentru a-l reactiva, și viața pe planetele galaxiei ar putea deveni destul de complicată.

În cele din urmă, rolul acestor „monștri devoratori" care ocupă centrul multor galaxii pare esențial în dinamica generală. Găurile negre gigantice sunt deopotrivă mari distrugătoare și mari creatoare. Dansul nebun la care constrâng materia seamănă cu o repropunere spectaculoasă, la scară cosmică, a dervișilor rotitori, sufiții Mevlevi din Konya. Amintește de mitul distrugerii-creației prin dansul lui Shiva, dar mai ales, păstrând în acest carusel periculos mari cantități de stele timp de miliarde de ani, dăruiește materiei lucrul cel mai prețios: timpul care îi este necesar să producă sisteme solare, planete și forme de organizare tot mai complicate.

Rămâne problema înțelegerii modului în care se formează găuri negre care au mase de milioane sau de miliarde de ori mai mari decât a Soarelui. Știm că, odată ce o gaură neagră se așază în centrul unei galaxii, poate crește peste măsură, înghițind lent tot ce o înconjoară. Dar care este punctul de pornire? Poate, înainte încă să strălucească primele stele, imensele nebuloase de gaz primordial s-au agregat în cvasistele, obiecte foarte instabile care, în loc să evolueze în stele obișnuite, au devenit, prin colaps, găuri negre. Cineva sugerează chiar formarea de găuri negre primordiale, născute la mai puțin de o secundă după Big Bang, când impunătoarele fluctuații de densitate ale universului abia născut puteau să împingă spre colaps gravitațional unele porțiuni enorme de materie. Noul câmp, care pune în centru aceste corpuri cerești atât de impunătoare, este încă plin de mistere.

Săgețile subțiri ale lui Orion

În vreme ce se pun întrebări despre originea și dinamica acestor fenomene atât de turbulente, se fac pași înainte decisivi în înțelegerea unor fenomene care, până cu puțin timp în urmă, se dovedeau complet misterioase. Unul dintre acestea este originea razelor cosmice.

Din 1912, fizicienii caută originea acestei ploi de particule cu sarcină electrică ce se ciocnește de planeta noastră din toate direcțiile, neîncetat. S-au înregistrat cu energii de 100 de milioane de ori mai mari decât cele ale LHC și originea lor a rămas un mister până cu puțin timp în urmă. Totul s-a întâmplat

pentru că s-au alăturat, și în acest caz, instrumente diferite pentru a observa același fenomen, un alt succes al astronomiei multimesager.

Punctul de pornire este o alarmă lansată de IceCube, un experiment desfășurat în Antarctica, specializat în neutrini proveniți din spațiul profund.

Descoperirea de neutrini cu energie înaltă, elemente foarte rare, produse de surse cosmice, presupune detectoare de dimensiuni colosale. E cazul lui IceCube, „cub de gheață“, un nume ironic pentru un detector care are volumul unui munte, un „cub“ cu latura de un kilometru.

L-au realizat în Antarctica, aproape de stația Amundsen-Scott, pentru a profita de stratul de gheață foarte pură și transparentă care acoperă continentul. Au sondat gheața, topind-o, în 100 de puncte diferite, la distanțe de 100 de metri unul de altul și organizate pe o grilă hexagonală. Au mers în profunzime mai mult de doi kilometri și apoi au coborât, în fiecare puț, detectoare sofisticate de fotoni. Când apa a înghețat la loc în jurul lor, miile de detectoare au rămas îngropate în întunericul profund al gheții. Și ochii lor electronici și ultrasensibili au început să scruteze bezna cea mai adâncă în căutarea celor mai minuscule fulgere de lumină, cele produse de neutrinii mai ghinioniști, care mor izbindu-se de un nucleu, în timp ce traversează stratul gros de gheață.

Ciocnirea la energie înaltă produce mulțimi de particule cu sarcină electrică, uneori însoțite de miuoni, un fel de electroni mult mai grei, care sunt emiși în aceeași direcție cu a neutrinilor și se trezesc, brusc, călătorind mai rapid decât lumina în acel mediu. Singurul mod de a evita neplăcerile întâmplării este să se comporte ca avioanele de vânătoare când depășesc bariera sunetului. Dar, în loc să iasă cu un zgomotos bang acustic, miuonii se limitează să emită minuscule scânteieri de lumină ultraviolet distribuite pe un con caracteristic. Un efect care a fost înregistrat prima dată în anii 1950, de Pavel Alekseevici Cerenkov, al cărui nume îl și poartă.

Iată deci că, atunci când un neutrin interacționează, detectoarele IceCube înregistrează o serie de semnale caracteristice care permit măsurarea deopotrivă a energiei și a direcției din care provine. Aceasta este informația cea mai importantă, pentru că permite să se meargă la sursa care a emis acești mesageri delicați și ușori. Neutrinii cosmici zboară în linie dreaptă, imperturbabili, ignorând distribuțiile de masă și de energie pe care le traversează, total insensibili la câmpurile magnetice care ocupă galaxiile și chiar și spațiile intergalactice. Să-i descoperi înseamnă să identifici galaxia din care provin și să începi să înțelegi ce mecanism i-a generat.

Încă de când a început să colecteze date, IceCube a înregistrat imediat unele evenimente spectaculoase, care i-au uimit pe toți: neutrini de energie extrem de înaltă, de sute de ori mai mare decât cea pe care reușim să o producem în LHC, cel mai puternic accelerator din lume. Nimeni, până atunci, nu-și putea imagina că hoinăresc prin univers neutrini atât de energetici și a început imediat întrecerea pentru a înțelege ce accelerator colosal cosmic poate produce aceste particule.

Pe 22 septembrie 2017, detectoarele IceCube au înregistrat interacțiunea unui neutrin de 300 TeV, din care s-a născut un miuon care a lăsat o spectaculoasă dâră luminoasă descoperită de sute de senzori foto. Datele erau într-adevăr clare și direcția de zbor a neutrinului țintea spre o galaxie îndepărtată, cunoscută drept foarte activă în emisia de radiații cu diferite lungimi de undă. Se află la aproximativ patru miliarde de ani-lumină distanță, aproape de constelația Orion, marele arcaș care strălucește pe cerul boreal, amintire perenă a uriașului vânător ucis de mâna lui Artemis.

Mitul spune că Apollo, contrariat de atracția pe care sora lui o simțea față de muritorul atât de abil la vânătoare, o va împinge să-l ucidă prin înșelăciune pe cel iubit. Zeus, cuprins de compasiune față de lacrimile fiicei și vaietele neconsolate ale credinciosului câine Sirius, tovarăș în multe partide de vânătoare, îi primește pe amândoi printre constelațiile cele mai strălucitoare. Și pe cer, deasupra capetelor noastre, le putem observa și astăzi, vânând împreună și aruncând săgeți în direcția Taurului.

Dar în acest caz, Orion a aruncat spre noi alte săgeți, mai subțiri și penetrante decât cele cu care dobora cerbi și mistreți. Neutrinii descoperiți de IceCube vin din galaxia TXS 0506+056, una dintre acele sigle complicate la care astronomii trebuie să recurgă pentru a da un nume zecilor de mii de galaxii care ocupă bolta cerească. Dar fizicienilor nu le plac complicațiile și galaxia este imediat rebotezată cu un nume care conține cele trei consoane de bază, dar este mult mai simplu de ținut minte: Texas Source.

Cercetătorii care gestionează datele experimentului lansează o alertă către toate observatoarele din lume: „Oameni de știință ai planetei Pământ, priviți spre Texas Source; acolo sus se întâmplă ceva“. Apelul este preluat de zeci de observatoare care-și îndreaptă instrumentele în direcția indicată și acum vine partea frumoasă. În zilele următoare, alte două aparate, specializate în descoperirea de fotoni de energie înaltă, înregistrează raze gama provenind, fără îndoială, de la aceeași sursă. Nu mai există îndoieli că Texas Source oferă un spectacol.

Se știa de mult timp că TXS 0506+056 era un obiect foarte ciudat. Este vorba de o galaxie eliptică gigantică, dominată de o imensă gaură neagră care se rotește rapid în jurul axei sale. Monstrul are o masă gigantică, care poate fi calculată în sute de milioane, dacă nu miliarde, de mase solare și este

ornată cu un enorm disc de acreție și două jeturi polare uriașe. Unul dintre acestea este îndreptat spre Pământ, deci este vorba de un blazar.

În înspăimântătoarele accelerări care se produc în Texas Source, pe lângă neutrini sunt produse raze gama, fotoni de energie foarte înaltă care pornesc instrumentele FERMI și MAGIC, cele două observatoare mai sensibile, unul pe orbita Pământului, celălalt care și-a amplasat cele două telescoape pe insula La Palma.

E tocmai semnalul la care toți visau. O coincidență atât de spectaculoasă nu poate fi întâmplătoare: dacă împreună cu fotonii sunt emiși și neutrinii, aceasta este dovada că uriașa structură complicată alimentată de gaura neagră a Texas Source accelerează protoni, exact ca un LHC de dimensiuni colosale.

Iată că începem să înțelegem unul dintre cele mai mari mistere ale fizicii moderne, și galaxiile îndepărtate, alimentate de gigantice găuri negre, sunt cele care ne fac acest dar.

Astfel se încheie ziua a șasea — au trecut primele patru miliarde de ani și universul este de-acum populat de zeci de mii de galaxii. Printre acestea există una, foarte pașnică, cu un nucleu galactic de-acum liniștit, în care este pe cale să se întâmple ceva.

Ziua 7. O fojgăială de forme complexe

În Calea Lactee totul se rotește de-acum stabil, de miliarde de ani, în jurul nucleului central. Faza turbulentă a vieții noii galaxii, adolescența ei furtunoasă, s-a încheiat de mult timp.

Sagittarius-A*, după ce a înghițit toate stelele, gazul și praful care o înconjurau, doarme placidă și sătulă, ca Polifem în peștera lui, monstrul pe care Ulise l-a făcut inofensiv cu ajutorul vinului. Discul de acreție al marii găuri negre, care nu mai este alimentată peste măsură, și-a redus dimensiunile și jeturile relativiste cu care iradia spațiul dimprejur, zguduind stele și sisteme în formare, au dispărut treptat. Și galaxiile gigante mai apropiate, verișorii înrudiți ai familiei care constituie grupul local, Andromeda și Triunghiul, au încetat să se dea în spectacol cu focuri de artificii periculoase. Scânteierile gama emise de nucleele active ale galaxiilor mai îndepărtate sunt destul de inofensive. Acum, în calmul care s-a instaurat, care nu mai este perturbat de seria de catastrofe ce au caracterizat nașterea galaxiei, este timp să se dezvolte sisteme organizate tot mai complexe.

Au trecut mai mult de nouă miliarde de ani când începe ultima zi, a șaptea. Se întâmplă ceva într-o porțiune secundară, în raport cu cele patru mari structuri care compun imensa spirală. Printre brațele mari Perseus și Sagittarius, chiar în punctul în care se bifurcă un braț minor numit Orion, este o germinație de formațiuni stelare foarte tinere, care sunt hrănite de nori moleculari gigantici. În acea regiune, generații de stele gigante, care s-au succedat în miliardele de ani precedenți, au împrăștiat tot materialul acumulat în enormele lor cuptoare nucleare.

Explodând ca supernove, au răspândit în spațiile mari praf și gaz — norii moleculari. Conțin mai ales hidrogen și heliu, dar sunt urme ale tuturor elementelor: carbon, azot, oxigen, siliciu și așa mai departe până la fier. Unele stele mari, transformate în stele neutronice, când au intrat în coliziune, au îmbogățit norii și cu mici concentrații ale elementelor mai grele, până la plumb sau uraniu.

Cât timp sunt calde și continuă să se extindă, păstrând amintirea marilor explozii care le-au provocat, nimic nu poate face să se agrege acești nori imenși. Dar, pe măsură ce se răcesc și scade viteza lor, gravitația predomină asupra impulsului expansiunii și construiește în jurul bulgărilor de materie centre de agregare tot mai masive. Iată că se formează un mare disc de gaz și praf care se rotește în jurul centrului, unde se condensează cea mai mare parte a masei, mai ales hidrogen. Înăuntrul galaxiei se formează o minireplică a galaxiei înseși: o porțiune a marelui nor intră în colaps sub forța propriei gravitații și formează o nebuloasă solară în centrul căreia se va naște o stea, în timp ce de jur împrejur se formează un fel de disc de acreție, în care se disting alte centre mai mici de agregare distribuite în diferite inele: un disc protoplanetar.

La un moment dat, Soarele va începe să strălucească și se vor forma marile planete gazoase. Apoi, mai lent și urmând un parcurs mai accidentat, se vor agrega cele stâncoase ale orbitelor interioare.

Una dintre acestea va fi deosebit de norocoasă. Coliziunea catastrofală cu o altă planetă în formare, în loc să o devasteze pentru totdeauna și s-o transforme în mii de fragmente, îi va dărui un mare satelit care va contribui la stabilizarea orbitei în miliardele de ani viitoare. Va fi lovită, ca celelalte, de o ploaie de comete și meteoriți, care-o vor îmbogăți cu elemente importante și toate astea, împreună cu activitatea vulcanică ce o va însoți, vor juca un rol decisiv în dezvoltarea ulterioară.

Marea planetă stâncoasă are asemenea dimensiuni încât poate produce o forță de gravitație suficientă ca să-i permită să se acopere cu o atmosferă gazoasă; nucleul ei de metal topit o va dota cu un câmp magnetic și aceste două elemente îi vor servi drept scut protector împotriva multiplelor amenințări care stau la pândă în profunzimile cosmosului.

Va orbita destul de aproape de Soare încât să primească energie suficientă pentru a ieși din frigul cosmic care-o înconjoară, dar nu prea mult încât să fie izbită de o căldură incompatibilă cu multe reacții chimice. Apa, care în mare parte o va acoperi, va putea să rămână în stare lichidă miliarde de ani și chiar în adâncurile ei se vor naște forme chimice foarte speciale. Structuri simple, dar dotate cu un dispozitiv genial, care potențează capacitățile de adaptare și dezvoltare: sisteme chimice care înglobează și transformă molecule elementare în structuri mai articulate; sunt primele forme de viață, care pot să evolueze și să se reproducă răspunzând la condițiile mediului înconjurător.

Pasul cel mai important a fost făcut. A trebuit să treacă aproximativ un miliard de ani de la formarea sistemului solar și pe planeta Pământ se dezvoltă organisme vii primordiale. Din acest moment, lent, dar implacabil, formele chimice complexe, capabile să se adapteze la schimbări și să colonizeze zone tot mai vaste ale planetei, se vor succeda una după alta, alternând perioade de mare succes, cu explozia unei specii sau a alteia, cu ere de criză și extincții în masă.

Organizarea vieții oferă asemenea avantaje, încât va da naștere dezvoltării de forme tot mai complicate, de la organisme unicelulare la plante și animale, inclusiv noi. Suntem aproape de sfârșitul poveștii când,

la unele maimuțe antropomorfe ciudate, cu puternice relații sociale, selecția naturală va dezvolta un nou instrument care le va oferi un avantaj evolutiv în plus: capacitatea de a imagina, de a avea o viziune a lumii și o oarecare formă de conștiință de sine. De atunci, această ciudată specie de animal se va răspândi în toate colțurile planetei și se va dota cu instrumente tot mai complexe până la construirea unei viziuni a lumii tot mai sofisticate, organizând în jurul ei propria mare poveste a originilor.

Se termină ziua a șaptea și geneza se încheie când au trecut 13,8 miliarde de ani.

Soarele și pribegele lui

La un moment dat, o porțiune a marelui nor molecular începe să intre în colaps în jurul unei zone cu densitate mai mare decât a celorlalte. Suntem în brațul Orion, o porțiune liniștită a galaxiei, la distanță sigură față de nucleul care, deși mai puțin turbulent decât la începuturi, este totuși încă o regiune în care, periodic, se produc zgâlțâituri.

Gravitația face să conveargă hidrogen, gaz și praf spre regiunea unde concentrația este maximă și totul începe să orbiteze în centrul de atracție. Prin conservarea momentului unghiular se formează un enorm disc plat în interiorul căruia regiunea centrală cu mai mare densitate continuă să crească. În ochiul unui fel de vârtej ciclonic enorm se concentrează mai ales hidrogen molecular; în centrul discului, strivit de atracția gravitațională care continuă să crească, se formează un corp sferic gigantic, în interiorul căruia se pregătesc primele reacții de fuziune termonucleară — s-a născut o nouă stea.

Dimensiunile Soarelui sunt suficient de mari să producă temperaturi de suprafață de multe mii de grade și să poarte energie la mari distanțe. Dar este o stea pitică și statura mică îi oferă avantajul de a consuma lent hidrogenul ionizat și comprimat care o compune. Noul astru va putea continua să strălucească 10 miliarde de ani. Un mare interval de timp, suficient pentru a permite dezvoltarea unui sistem stabil de planete și sateliți care vor avea la dispoziție, la rândul lor, miliarde de ani să însoțească foarte lente procese de transformare.

Termenul „planete“ derivă din planetes asteres, stele pribege, cum numeau grecii aștrii care, pe cerul nopții, se mișcau în raport cu stelele fixe. Erau considerate stele nomade Soarele, Luna și cele cinci corpuri cerești vizibile cu ochiul liber: Marte, Mercur, Jupiter, Venus și Saturn. Cele șapte planete vor fi asociate imediat cu unele dintre principalele divinități, cărora le vor împrumuta din caracteristicile lor. Impetuosul și strălucitorul Mercur care, traversând foarte rapid cerul, va deveni mesagerul agil al zeilor; scânteietorul Marte, cu acea culoare tulbure și sângerie pe care o etalează când se găsește în partea de jos a orizontului, va fi zeul războiului și așa mai departe. Cele șapte vor defini seria de zile ale săptămânii; din greacă se vor muta în latină și de aici în limbile romanice și, pe scurt, în aproape toate limbile europene, ca să ajungă, intacte, până în zilele noastre. Locuitorii planetei Pământ au fost întotdeauna, de milenii, atât de atașați de „pribege“, încât au folosit chiar numele lor pentru a marca trecerea timpului.

Dar acum, în timp ce Soarele începe să strălucească în centrul nebuloasei, diversele inele de materie care îl înconjoară se agregă la rândul lor în jurul zonelor unde densitatea este maximă. Se formează astfel cei patru giganți gazoși, care ocupă orbitele exterioare: Jupiter, Saturn, Uranus și Neptun. Totul s-a întâmplat într-un interval de timp relativ scurt, aproximativ 100 000 de ani. Va fi nevoie de mult mai mult timp, zeci de milioane de ani, pentru a agrega planetele stâncoase.

La începutul vieții lui, și Soarele, ca toate celelalte stele, oferă spectacol. Luminozitatea lui și radiațiile pe care le emite sunt mult mai intense decât cele actuale. Încălzite la temperatură mare și împinse de vântul de particule cu sarcină electrică produse de furtunile magnetice ale Soarelui, hidrogenul și celelalte componente ușoare ale nebuloasei originare sunt măturate de orbitele mai apropiate. Împinse spre regiunile ocupate de marii giganți gazoși, sunt capturate și înglobate în masele lor mari. În timp ce nebuloasa protoplanetară începe să devină ordonată și transparentă, partea interioară a sistemului solar sfârșește prin a se îmbogăți progresiv cu elementele mai grele.

Grăunțele de praf care orbitează în regiunile mai apropiate de Soare și pe care radiația și vântul solar nu reușesc să le măture din cauza masei lor, intră în coliziune între ele și încep să se agrege în corpuri tot mai mari. Când ating dimensiuni de ordinul kilometrilor, atracția gravitațională pe care o exercită în jur formează agregări tot mai importante, până produc zeci de mii de corpuri stâncoase. Sunt așa-zisele planetezimale, sau planete infime, semințele din care se vor naște planetele, sateliții și asteroizii stâncoși ai sistemului nostru solar.

Mercur, Venus, Marte și Pământul, planetele stâncoase dintre Soare și Jupiter, se vor naște din agregare și fuziune prin coliziuni haotice a mii de astfel de corpuri cerești mici. La creșterea dimensiunilor, partea cea mai grea a materialului, de regulă fier și nichel, se va concentra în miezul planetei în formă solidă; presiunea datorată gravitației va produce temperaturi de mii de grade care vor face lichid nucleul metalic

aflat mai în exterior. Roci și elemente mai ușoare vor pluti pe deasupra, concentrându-se în straturile superioare; o manta de rocă lichidă va acoperi nucleul metalic, în timp ce, odată cu răcirea întregului, se va forma lent, la suprafață, o crustă stâncoasă solidă, tot mai groasă.

Se formează în acest mod, cu aproximativ 4,5 miliarde de ani în urmă, un sistem solar foarte articulat: opt planete, zeci de planete pitice, sute de sateliți, mii de corpuri cerești de dimensiuni subplanetare și mai mult de 100 000 de asteroizi. Printre cele opt planete, este una care ocupă o poziție deosebit de privilegiată și a avut de partea ei un noroc nerușinat.

Ce bine că Theia ne-a devastat

Se întâmplă uneori, și în viața noastră, ca un mare noroc să se prezinte sub înfățișarea unor inconveniente ghinioniste. Pasageri care cad pradă disperării că au pierdut zborul deoarece au sosit cu întârziere la aeroport descoperă apoi că, din pură întâmplare, au evitat un accident aviatic care nu a lăsat în urmă supraviețuitori. Dar și, mai banal, poți suferi o înfrângere, un eșec profesional care te constrânge să-ți schimbi meseria sau o îngrozitoare dezamăgire în dragoste care distruge o relație importantă. Apoi, la distanță de ani întregi poate, privești în urmă și realizezi că ceea ce părea perioada cea mai tristă a propriei existențe a marcat, de fapt, o cotitură, a deschis noi drumuri sau ți-a permis să întâlnești persoana de care te-ai îndrăgostit nebunește.

Dar nimic nu este comparabil cu ce i s-a întâmplat planetei noastre, chiar în prima ei perioadă de viață. Au trecut aproximativ 100 de milioane de ani de când a treia orbită interioară a Soarelui a fost ocupată de o mare planetă stâncoasă. Pentru ea vom folosi numele Geea, denumirea străveche a Pământului. S-a format, ca celelalte, prin agregare progresivă de planetezimale și a traversat perioade de mare turbulență, caracterizate de coliziuni și mari perturbații gravitaționale. Acum, ce-a fost mai rău pare că a trecut, dar în schimb o așteaptă o amenințare îngrozitoare.

Un alt corp ceresc, mai mic decât Geea și totuși de dimensiuni considerabile, are o orbită care îl poartă inevitabil spre coliziunea cu planeta noastră. Se confirmă scenariul de coșmar imaginat în filmul Melancholia, care a apărut în 2011 și a fost regizat de controversatul regizor danez Lars von Trier.

Planetoidul care este pe cale să ne lovească are o masă asemănătoare cu Marte și îl vom numi Theia. Forțe impunătoare mareice devastează cele două corpuri cerești încă înainte să aibă loc coliziunea. Apoi are loc ciocnirea, cu un impact devastator. Energia dezvoltată determină cele două corpuri gigantice să fuzioneze, cu unde de șoc care le traversează rapid; apoi o parte din Theia, amestecată cu material de pe Geea, se desprinde din îmbrățișarea mortală și încearcă să scape, dar rămâne pentru totdeauna captivă în câmpul gravitațional al Geei — s-a născut Luna noastră. Ca în mitul antic, Theia, una dintre titanide, fiica lui Uranus și a Geei, a dat naștere Selenei, „strălucitoarea".

La rândul ei, Geea, după ce a absorbit trauma ciocnirii și a separării de Lună, și-a regăsit forma ei sferică, și-a sporit dimensiunile și a devenit de-acum planeta Pământ. Ipoteza coliziunii catastrofale primordiale la originea sistemului Pământ-Lună a găsit numeroase confirmări din analiza rocilor lunare prelevate de-a lungul diverselor explorări ale satelitului nostru. În unii izotopi ai oxigenului care se găsesc în interiorul lor a rămas un fel de amprentă fosilă a îmbrățișării călduroase primordiale care a legat Pământul de satelitul lui.

Luna nu este de folos doar ca să lumineze nopțile noastre, să-i facă pe îndrăgostiți să viseze, să-i inspire pe muzicieni și pe poeți. Acest satelit ciudat, atât de anormal față de altele care populează cu sutele sistemul solar, joacă un rol fundamental în stabilizarea orbitei planetei noastre. Sistemul Pământ-Lună acționează ca un fel de giroscop stabilizator în mișcarea de revoluție în jurul Soarelui.

Pământul e singura planetă stâncoasă care are un satelit de mari dimensiuni, cu un diametru de 3 500 de kilometri, aproximativ un sfert din cel terestru. Mercur și Venus nu au sateliți, în timp ce Phobos și Deimos, cele două luni minuscule ale lui Marte, sunt mici elipsoide cu diametre de 22 de kilometri, unul, și 12 kilometri, celălalt. Cele trei planete stâncoase, tovarășii noștri, se dovedesc a fi expuse perturbațiilor gravitaționale provocate de Soare și de alte corpuri cerești mai masive ale sistemului solar, iar unghiul dintre axa lor de rotație și planul orbitei se dovedește a fi instabil. La scara timpului de milioane de ani, acesta poate suferi variații importante, modificându-se și cu zeci de grade și traversând perioade de schimbări haotice.

Același lucru ni s-ar întâmpla și nouă dacă n-ar fi Luna, atât de grea și atât de aproape încât să atenueze perturbațiile care ar modifica axa noastră de rotație. Unghiul pe care îl face cu planul orbitei este stabilizat de prezența Lunii pe variații de ordinul unui grad. Dacă înclinația Pământului față de Soare rămâne fixă, se pot defini regiuni climatice relativ stabile la scara timpului, lucru care favorizează dezvoltarea proceselor lente de formare a sistemelor complexe. Dacă cineva ar adresa din nou Lunii

întrebarea păstorului nomad din Asia, „Ce faci tu, lună, pe cer? Spune-mi ce faci, tăcută lună?", ar putea primi un răspuns poate puțin poetic, dar cu siguranță complet neașteptat: „Fără mine nu ați avea anotimpuri, și probabil n-ar fi viață pe Pământ; și nici păstori nomazi care, contemplându-mă, să-mi pună întrebări". Faptul că Theia ne-a devastat a fost pentru noi un adevărat noroc.

Și nu este singurul care ni s-a întâmplat. Celălalt a fost să îl avem aproape pe gigantul Jupiter. Marea planetă gazoasă, campioana la dimensiuni a sistemului nostru solar, are un diametru de 143 000 de kilometri și cântărește de 300 de ori mai mult decât Pământul. Atât de neobișnuită, încât și astăzi se discută dacă trebuie considerată o planetă sau o mică pitică brună. Când masa inițială a sferei de gaz nu este suficient de mare, presiunea și temperatura nucleului nu reușesc să provoace fuziunile termonucleare; totuși corpul este atât de cald, încât iradiază oricum o cantitate importantă de energie. Steaua nereușită devine un astru călduț, care iradiază la temperatură mult mai scăzută; lumina ei nu este energetică precum piticele albastră, albă sau galbenă, dar virează spre roșu-închis și este numită pitică brună.

Jupiter, stea nereușită, are totuși o masă atât de impunătoare, încât a condiționat dezvoltarea unei mari părți a sistemului solar. Formată printre primele, cu forța ei de gravitație excesivă, a împiedicat formarea unei planete stâncoase în așa-zisa centură de asteroizi: o vastă regiune cuprinsă între Jupiter și Marte. I-a împins o mare cantitate spre spațiul exterior și i-a împiedicat pe ceilalți să se consolideze într-un corp masiv. În zonă orbitează încă mii de resturi stâncoase, rămășițe ale celor pe care atracția vecinului prea mare i-a perturbat în mod catastrofal, constrângându-i la continue coliziuni de fiecare dată când încercau să se organizeze în planetă. Nereușita formare a unei a cincea planete stâncoase a lăsat mai mult material, structurat în planetezimale, pentru formarea planetelor de la interior, inclusiv Pământul. Planeta noastră a putut astfel să capete asemenea dimensiuni, încât să păstreze în mod stabil atmosfera ei prețioasă.

Gigantul cel bun, Jupiter, și împreună cu el Saturn, ornat cu inele, acționează ca santinele pentru protejarea planetelor de la interior. Cu masa lor, deviază spre ele și înglobează asteroizi și comete periculoase. Ca gigantici bodyguarzi, ne apără de riscul unor întâlniri prea apropiate cu obiecte foarte periculoase. Nu întotdeauna izbândesc, cum s-a întâmplat acum 65 de milioane de ani, când un meteorit cu diametrul de 10 kilometri, bogat în iridiu, a reușit să ajungă la planeta noastră. Grație prezenței lor, evenimente atât de distrugătoare au devenit pentru noi foarte rare.

Marele scut al lui Jupiter ne apără de evenimente catastrofale care ar putea să pună în pericol supraviețuirea delicatelor forme de viață care se vor dezvolta pe planeta Pământ. De asta îi suntem datori marii planete, Jupiter orânduitorul, pacificatorul, pe care nu întâmplător grecii l-au asociat cu Zeus, capabil să modereze conflictele dintre zei.

Leagănul complexității

Secretul Pământului este ascuns în miezul lui cel mai adânc. Deasupra nucleului solid și a mantalei de metal topit fluctuează un strat gros de rocă lichidă. Încă de la începuturile formării planetei, fierul și alte metale grele s-au diferențiat de componentele mai ușoare. Primele au devenit dense în straturile din interior, în timp ce altele s-au agregat să formeze un strat gros stâncos la exterior. Căldura contracției gravitaționale a topit toată partea interioară, în timp ce, odată cu răcirea, s-a creat o scoarță subțire de rocă de suprafață, care plutește pe o mare de roci topite. Procese de dezintegrare radioactivă de izotopi instabili alimentează cu energia lor căldura nucleului și contribuie la menținerea unei temperaturi crescute, pe o durată de miliarde de ani.

Marile plăci de roci ale scoarței sunt în continuă mișcare, împinse de energia imenșilor curenți de convecție care se formează în mantaua de rocă topită de dedesubt. Ciocnirile titanice care au loc produc deformări din care apar munții, ca și văile adânci care vor fi umplute de apa oceanelor. Prin crăpăturile create, ajunge la suprafață magma incandescentă care vuiește sub scoarță. Zeul focului, Vulcan, fierarul, lucrează neîncetat în marele lui atelier subteran la construirea unui mediu care va deveni minunat.

În faza lui inițială de formare, Pământul va fi traversat de fenomene vulcanice de dimensiuni și intensități înspăimântătoare. Acest vulcanism de maximă intensitate va scoate la suprafață un flux continuu de substanțe chimice dizolvate în gazele și în rocile topite menite să alcătuiască noua scoarță. Se va forma lent o atmosferă compusă în principal din vapori de apă, azot și dioxid de carbon pe care câmpul gravitațional al marii planete telurice va fi capabil să-l oprească.

Apa era deja prezentă în praful din norul protoplanetar și moleculele ei s-au amestecat cu cele care au format rocile învelișului terestru. O mare parte din aceasta se va pierde prin evaporarea din timpul fazelor mai calde ale formării planetei, dar erupțiile vulcanice continue o vor aduce din nou la suprafață sub formă de vapori. Cea mai mare parte a apei planetei vine de la fluxul neîncetat de asteroizi și comete

care continuă s-o lovească. Bombardamentul continuu cu meteoriți de natură carbonică, bogați în apă, și adevăratele aisberguri cosmice care sunt cometele vor îmbogăți Pământul cu noul element.

Când universul sărbătorește 10 miliarde de ani, oceane întinse, acoperă o bună parte din suprafața planetei noastre. Erupțiile vulcanice alimentează înalta concentrație de dioxid de carbon din atmosferă, al cărei efect de seră va permite să se mențină în stare lichidă cea mai importantă parte a oceanelor pe perioade foarte lungi.

Fenomene asemănătoare cu cele care au lovit Pământul au dus apă în multe corpuri ale sistemului solar. Sub formă de vapori este prezentă în giganții gazoși ca Jupiter, Saturn și Uranus și, de asemenea, în norii care acoperă planeta Venus. Există gheață în calotele polare de pe Marte, în timp ce Europa, cel mai mic dintre sateliții lui Jupiter descoperiți de Galilei, este acoperit de un imens ocean înghețat cu o adâncime mai mare de 100 de kilometri; sub stratul de la suprafață se crede că există din abundență apă în stare lichidă. Titan, mare satelit al lui Saturn, conține mai multă apă decât Pământul, dar și aici, din câte știm, sub formă de gheață; există apă în stare lichidă, probabil, pe Enceladus, o altă lună a gigantului cu inele.

Miezul incandescent al Pământului ne face un alt dar care se va dovedi foarte important pentru dezvoltările ulterioare. Straturile concentrice de fier lichid, care se rotesc cu viteze diferite în jurul nucleului solid de la interior, târăsc după ele particule încărcate electric și produc un enorm curent circular din care se naște câmpul magnetic slab care înconjoară planeta. Structura invizibilă, deviind spre poli particulele încărcate electric, o va proteja de efectele mai distrugătoare ale radiației cosmice care poate sfărâma ușor legăturile organizărilor chimice mai complexe. Există de-acum toate ingredientele pentru a da startul unui lanț de evenimente care ne va privi foarte îndeaproape.

Carbon, hidrogen, azot, oxigen, fosfor și sulf, temelia pentru principalele molecule organice, sunt prezente cam peste tot în univers și se găseau cu siguranță din abundență și în mediile Pământului primordial. Pornind de la aceste elemente, precursorii principalelor biomolecule pe care le găsim la ființele vii se pot produce pe fundul oceanelor, în apropierea vulcanilor submarini sau aproape de izvoarele hidrotermale; tocmai către aceste medii atât de speciale, unde apa la temperatură ridicată și îmbogățită cu săruri se amestecă cu diverse tipuri de gaz, trebuie să privim pentru a vedea apărând primele structuri biologice. Reacții chimice care au transformat monoxid de carbon, amoniac și formaldehidă în aminoacizi, lipide, carbohidrați și acizi nucleici și au putut acționa pentru un timp suficient de lung încât să construiască primele proteine și să organizeze informația în formele primitive de ADN.

Trebuie să se ia în considerare ipoteza ca bacterii sau alte organisme vii foarte simple, capabile să supraviețuiască în condiții extreme de temperatură, să fi putut ajunge pe Pământ prin intermediul asteroizilor și cometelor care l-au bombardat neîncetat în primul miliard de ani. Înglobate în rocile reziduurilor sau în praful amestecat cu gheață al cometelor, forme de viață primordială, apărute altundeva și proiectate în spațiu de mari coliziuni sau de erupții gigantice, este posibil să fi răspândit material viu în întregul sistem solar. Dacă primele forme de viață au ajuns pe planeta noastră din spațiu, au găsit cu siguranță un mediu favorabil.

Cert este că în urmă cu trei miliarde și jumătate de ani, sub stratul protector al apei oceanelor, la adăpost de bombardamentul cu ultraviolete, încep să se dezvolte primele structuri biologice elementare. Sunt cianobacterii, alge foarte mici a căror dezvoltare va produce o altă schimbare epocală; sunt organisme monocelulare care se organizează în filamente minuscule, au dimensiuni inferioare miimii unui milimetru și sunt procariote, adică patrimoniul lor genetic plutește liber în interiorul celulei, fără să fie protejat de nicio membrană.

Cianobacteriile sunt capabile să capteze lumina și s-o transforme în energie — procesul numit fotosinteză — și vor perfecționa acest mecanism, adaptându-l la diferite medii în care își vor dezvolta coloniile.

Reacția biochimică, care, pornind de la dioxid de carbon și lumină solară, duce la sinteza de zaharuri și la eliberarea de oxigen, a modificat radical mediul terestru. La început, oxigenul produs de alge a fost absorbit de fier, care se găsea din abundență pe fundul oceanelor. Dar, când populația de cianobacterii a crescut peste măsură, partea de oxigen pe care fierul nu mai reușea s-o absoarbă a ieșit din ape și s-a produs un masacru. Compoziția atmosferei terestre s-a schimbat radical, ajungând să devină tot mai toxică pentru toate organismele care nu se adaptaseră la condițiile de mediu schimbate. A fost prima extincție a unei enorme varietăți de forme de viață primordiale, dar a deschis calea dezvoltării impetuoase a noi specii.

Cu aproximativ 2 400 de miliarde de ani în urmă, Pământul avea o atmosferă care conținea constant un mic procent de oxigen; pentru noi, oamenii, aerul ar fi fost irespirabil, dar procesul era de-acum ireversibil.

Organisme vii moștenitoare ale primelor procariote au dezvoltat un nucleu protector pentru materialul genetic și avantajul evolutiv pe care l-au obținut a determinat succesul eucariotelor. Noua atmosferă, cu conținutul ei de oxigen, pare să fi favorizat dezvoltarea primelor organisme pluricelulare pe care

descoperiri recente le plasează în urmă cu aproximativ două miliarde de ani. De aici proliferarea unei varietăți de forme biologice tot mai complexe, care au traversat diferite faze de criză și de expansiune și, modificându-se, au supraviețuit unor îngrozitoare extincții în masă.

O adevărată fantasmagorie de noi structuri vii s-a întâmplat acum aproape 500 de milioane de ani, când Pământul a traversat o etapă de enormă încălzire, probabil datorată unui efect de seră uriaș. Nivelurile de dioxid de carbon din Perioada Cambriană au atins valori de aproximativ 20 de ori mai mari decât cele din epoca modernă, cu temperatura medie a planetei care era cu 10 grade mai mare decât cea actuală. Rezultatul a fost o reală explozie de viață, cu apariția de forme vegetale foarte pestrițe și a primelor vertebrate, a peștilor și, mai târziu, a marilor reptile.

Un nou cataclism a modificat radical scenariul. Odată cu impactul unui mare meteorit, cu 65 de milioane de ani în urmă, clima a suferit o profundă transformare din cauza prafului ridicat de coliziune. O răcire neașteptată a învăluit Pământul, provocând extincția în masă a marilor dinozauri, în timp ce a oferit o neașteptată oportunitate micilor mamifere care au reușit să supraviețuiască și au ocupat toate nișele ecologice lăsate libere.

Dintr-una din acestea, într-o regiune cu strungi și savane ale Cornului Africii, în urmă cu câteva milioane de ani, o populație de primate se va diferenția de speciile care au precedat-o printr-o pronunțată atitudine socială și o capacitate, până acum inedită, de a imagina, construi și utiliza instrumente. Această scânteie de conștiință de sine, care se traduce în proiect, viziune și realizare de unelte, va constitui un enorm avantaj evolutiv pentru primele maimuțe antropomorfe. Generații succesive ale primilor hominizi vor coloniza foarte curând toate habitatele planetei, adaptându-se rapid la diferite condiții de mediu.

Iată-ne aici. Într-o clipită, povestea a ajuns până la noi.

Exoplanete

Ideea că universul poate să conțină o multitudine de lumi locuite datează de la filosofii presocratici din Ionia. Intuiția îi este atribuită lui Anaximandru din Milet, discipol genial al lui Thales, primul care a propus ideea revoluționară că Pământul plutește în spațiu, fără să cadă și fără să fie sprijinit pe nimic.

Conceptul de lumi infinite va fi reluat mai întâi de pitagoreici, apoi, cu mare luciditate, de Epicur și de discipolii lui din epoca romană, începând cu Lucrețiu. Secole la rând, ideea va fi sufocată de aristotelismul dominant, pentru ca apoi să se ivească din nou cu William de Ockham și, în fine, să explodeze în Renaștere cu Nicolaus Cusanus și Giordano Bruno. Filosoful din Nola a fost cel care a răspândit în toată Europa, cu mare convingere, ideea nenumăraților Sori și a nenumăratelor Pământuri; probabil că această activitate publică de răspândire a unor idei periculoase în afara cercurilor restrânse de specialiști a fost cea care îi va aduce la sfârșitul tragic din Campo de’ Fiori.

Astăzi, știința confirmă intuițiile acestui filon de gânditori curajoși și totuși nu știm încă să răspundem la cea mai simplă dintre întrebări: există viață inteligentă pe undeva, acolo sus? Legea marilor numere ne sugerează că da, pare foarte probabil, dar dovezile colectate până în prezent nu sunt suficiente pentru a ajunge la o concluzie.

Situația este în rapidă evoluție de aproximativ 30 de ani, adică de când s-au realizat progrese enorme în căutarea de exoplanete. Cu acest nume se indică planetele extrasolare, care orbitează adică o stea diferită de Soarele nostru. Până cu puțin timp în urmă se credea că fracțiunea de stele care găzduiesc planete este foarte mică. În ultimii ani, adică de când s-au rafinat tehnicile pentru identificarea lor, nu trece lună fără să existe anunțul unei noi observații. Până azi au fost descoperite mai mult de 3 700.

Primele cercetări datează chiar din anii 1940. Dar atunci se utilizau tehnici de observație destul de rudimentare, ca metodele astrometrice. Prin legile gravitației, în prezența unei planete, steaua-mamă realizează și ea o mică rotație în jurul centrului de masă al sistemului. Cu cât mai masivă este planeta, cu atât mai mare este deplasarea periodică a stelei. Se căuta, așadar, o mică perturbație periodică în poziția stelei-mamă, dar rezultatele au fost dezamăgitoare.

Primele surprize au apărut când s-a început folosirea tehnicii vitezelor radiale, care exploatează același principiu, dar folosește măsurători spectroscopice care permit precizii mai mari. Se analizează spectrul de emisie luminoasă a stelei și se controlează în timp liniile corespunzătoare diverselor frecvențe. Dacă steaua prezintă o mișcare orbitală cauzată de prezența unei planete, se măsoară o mică variație periodică în frecvența emisiei ei luminoase datorată efectului Doppler.

Grație acestei tehnici noi, în anii 1990 au fost descoperite primele planete extrasolare. Dar era vorba de enorme corpuri cerești, asemănătoare cu Jupiter al nostru. Giganți calzi, mai ales gazoși, care gravitau foarte aproape de stelele-mamă și aveau deci o temperatură de suprafață extrem de mare.

Domeniul a primit un impuls extraordinar de când a fost pusă la punct metoda tranzitelor, sau a ascunderii, grație căreia se pot ține sub observație, simultan, sute de mii de stele. E o tehnică bazată pe fotometrie de precizie, adică se ține sub control luminozitatea stelei și se măsoară foarte ușoara atenuare a luminii produsă de planetă când tranzitează prin fața ei. Și în acest caz se cere ca perturbația să aibă caracter periodic. Forma caracteristică a perturbației permite măsurarea dimensiunilor planetei și această informație, combinată cu măsurarea vitezei radiale pe care o dă masa, permite aflarea densității ei.

Instrumentele mai moderne au atins o asemenea sensibilitate, încât câmpul de observație se poate extinde până la distanțe de mii de ani-lumină și se pot identifica planete chiar mai mici decât Mercur.

În acest mod, de câțiva ani, căutarea de noi Pământuri a produs rezultate uluitoare. De-acum este clar că foarte multe stele din galaxia noastră sunt înconjurate de planete. Să descoperi unele înzestrate cu atmosferă și în care s-ar fi putut dezvolta forme de viață potențial asemănătoare cu ale noastre e doar o chestiune de timp.

Dacă o exoplanetă este înconjurată de o atmosferă, lumina stelei-mamă ajunge până la noi după ce a traversat straturile superioare. Această trecere modifică ușor anumite caracteristici din care putem obține informații esențiale. Cu observații prelungite se va ajunge curând la a stabili nu doar dacă unele planete au o atmosferă, ci și dacă aceasta conține apă, dioxid de carbon sau metan. Evident, asta nu va fi suficient pentru a fi siguri că sunt forme de viață, eventual asemănătoare cu cele care ne sunt mai familiare. Totuși puterea numerelor este impresionantă.

Dacă se ține cont că în orice galaxie sunt cam 100 de miliarde de stele, trebuie să ne imaginăm că există și enorme cantități de planete stâncoase. Chiar și excluzându-le pe cele care orbitează în zone nelocuibile, vor rămâne foarte multe compatibile cu viața — cu alte cuvinte, capabile să fie gazde pentru apă în stare lichidă.

Așa cum am văzut, asta nu este de ajuns să determine condiții favorabile dezvoltării formelor delicate și complexe ale structurilor biologice. Joacă un rol important masa planetei, care trebuie să fie suficient de mare să păstreze o atmosferă cu ajutorul gravitației; ar trebui apoi să fie un câmp magnetic pentru a o apăra de radiația cosmică; ajută mult, în fine, să aibă o orbită stabilă și să trăiască în zone ale galaxiei situate cât mai departe de marile catastrofe. Dar este important mai ales să fie timp, adică să fie anumite condiții de stabilitate care să dureze miliarde de ani.

Acum ceva timp Kepler, o sondă a NASA care împrumută numele de la marele astronom german, a anunțat descoperirea a nu mai puțin de 1 284 de noi planete extrasolare. Un grup de astronomi belgieni care lucrau la datele observatorului din La Silla, în Chile, a identificat în schimb Trappist-1, un minisistem solar care orbitează o pitică roșie, un mic Soare care se află la doar 39,5 ani-lumină distanță de noi, în constelația Vărsătorului. Conține șapte planete stâncoase, unele cu adevărat asemănătoare cu Pământul nostru și, printre ele, trei care se află în zona așa-zis locuibilă, adică la o distanță de steaua-mamă care permite temperaturi asemănătoare cu cele pe care le avem aici, la noi. Dacă ar exista apă, asta ar putea forma lacuri și oceane, precum cele care sunt atât de răspândite pe frumoasa noastră planetă. Acum, că știm unde să privim, vom putea încerca să înțelegem mai bine toate caracteristicile și eventual să vedem dacă vreuna dintre aceste planete are o atmosferă.

Pe baza cunoștințelor noastre, Trappist-1 este cu siguranță prea tânăr să conțină forme de viață, dat fiind că micul sistem solar are doar 400 de milioane de ani, dar suntem abia la începutul unei lungi serii de descoperiri. Numărătoarea inversă a început deja. În câțiva ani, când vom reuși să colectăm primele date clare și vor dispărea ultimele îndoieli, se va deschide o dublă provocare: pe de o parte, să absorbim acest adevărat șoc cultural; pe de alta, de ce nu, oricât sunt distanțele de mari, să căutăm tehnologii adaptate pentru a intra în contact sau chiar a ajunge la lumile noi. Încă o dată, știința înaintează cu pași de uriaș și schimbă brusc paradigme care păreau imposibil de schimbat.

Dar acum să ne întoarcem la povestea noastră despre origini. Care ajunge la capătul ei, când de la început au trecut de-acum 13,8 miliarde de ani; se termină ziua a șaptea în momentul precis în care un îndepărtat strămoș al nostru se ridică și începe să povestească, iar ceilalți se așază în cerc, fermecați, să asculte.

Ceea ce ne face umani

Nimeni nu va ști niciodată când s-a întâmplat cu exactitate, nici nu va fi posibil să înțelegem cine a fost primul. Nu există speranța reconstituirii limbajului pe care l-a folosit, cu atât mai puțin mesajul pe care voia să-l comunice micului grup — poate că celebra un moment de euforie, de bucurie colectivă sau poate că își căuta alinarea după o nenorocire îngrozitoare.

În mod sigur știm că cineva, la un moment dat al istoriei noastre, a început să povestească. În mod sigur a fost un individ mai creativ decât ceilalți, poate afectat de vreo patologie psihică sau pur și simplu mai neliniștit, care a însăilat cuvinte în manieră surprinzătoare. Putem doar să ne imaginăm scena: în interiorul unei peșteri slab luminate, un clan familial de 10–15 indivizi așezați în jurul celui sau celei care descoperă puterea de a-i captiva pe ceilalți, de a-i uni folosind un șir fermecat de cuvinte. Lanț de expresii folosite într-un context nou, eliberate de funcția lor utilitară, care zboară prin aer ca să devină cânt, poezie, învățăminte colective. Cuvinte ritualice care capătă o profundă valoare simbolică și îi farmecă pe toți.

Construirea simbolicului

Descoperiri, care se succedă de-acum de decenii, așază printre neanderthalieni primele manifestări ale unui univers simbolic. Vorbim despre o specie a cărei prezență în Europa este atestată cu sute de mii de ani înainte să ajungă Homo sapiens, cu aproximativ 40 000 de ani în urmă.

Amândoi ar deriva dintr-un strămoș comun, Homo heidelbergensis, evoluat în Africa începând cu Homo erectus, cu mai mult de un milion de ani în urmă. După ce a colonizat continentul, această specie s-ar fi răspândit în Europa și poate în Asia, în timpul unei ere glaciare, cu aproximativ 600 000 de mii de ani în urmă. Din Homo heidelbergensis rămași în Africa s-au diferențiat Homo sapiens; din cei care colonizaseră Europa vor deriva neanderthalienii. Cele două specii, evoluând în medii și în contexte complet diferite, dezvoltă trăsături diferite, dar, din punct de vedere genetic, rămân foarte apropiate; vorbim despre rude apropiate, dacă nu chiar frați, cu siguranță veri.

Trăsăturile fizice ale neanderthalienilor au contribuit la crearea unei prejudecăți în ce-i privește. Mai masivi și mai robuști decât longilinii Homo sapiens, au părut întotdeauna mai primitivi și mai puțin dezvoltați. În realitate, aceste trăsături fizice sunt rodul unei adaptări extraordinare la un mediu foarte dificil.

Europa în care neanderthalienii trăiesc sute de mii de ani are o climă dură; alternează scurte perioade de cald cu foarte lungi ere glaciare care vor pune la grea încercare capacitatea de supraviețuire a speciilor care o populează. Va fi lipsa de lumină solară cea care va dezvolta la neanderthalieni o mutație genetică ce-i va face să aibă pielea albă, mult mai deschisă decât cea a strămoșilor lor și chiar și decât cea a Homo sapiens, a noastră adică, atunci, când ne vom intersecta cu ei prima dată, la sosirea noastră din Africa. Mulți au păr castaniu, blond sau roșcat și ochi de culoare deschisă; au toți un fizic impunător, oase robuste și mușchi dezvoltați, toate instrumente decisive să reziste la clima rigidă și să supraviețuiască pe un teritoriu ostil. Capacitatea lor craniană este superioară celei a lui Homo sapiens, deci au un creier mai mare decât al nostru; dar capul lor are o formă ovoidală, asemănătoare cu cea a unei mingi de rugby; fruntea este îngustă și proeminentă, cu un important os occipital; au un nas mare, arcadele sprâncenelor aproape unite și un pronunțat prognatism.

În fine, aspectul neanderthalienilor contrastează cu canoanele de frumusețe pe care noi, Homo sapiens, le-am construit după imaginea și asemănarea noastră. Dar, dacă am întâlni unul astăzi, la metrou, îmbrăcat cu sacou și cravată, nu ne-ar uimi atât. Printre infinitele variante individuale ale populației umane se pot regăsi trăsături foarte asemănătoare cu ale speciei antice. Și totuși, pare chiar că acești veri ai noștri, cu înfățișare mai grosolană, au fost capabili să dezvolte unul dintre cele mai puternice instrumente pentru supraviețuire: un univers simbolic.

Neanderthalienii sunt atleți viguroși și au o alimentație hiperproteică, singura care le permite să supraviețuiască în clima geroasă din Europa glaciară. Ca să se adăpostească și să se protejeze, folosesc piei de animale pe care știu să le jupoaie și să le răzuiască cu mare dibăcie; au mâini cu musculatură puternică, cu care fabrică unelte din piatră sau din lemn foarte sofisticate. Sunt experți în transformarea silexurilor în instrumente cu vârfuri ascuțite și tăioase, folosind o tehnică de tăiere care va fi definită „musteriană“ și care va răspândi în toată Europa produsele extraordinarei lor tehnologii: vârfuri, discuri, lame, răzuitoare și foarte frumoasele piese bifaciale, sau amigdale. Multe dintre aceste instrumente, în

formă de lamă sau de vârf, vor fi fixate cu bitum de unelte de lemn, ca lăncile lungi, pentru a le face și mai potrivite pentru ucis.

Neanderthalienii sunt omnivori, dar dieta lor este alcătuită pe jumătate din carne; când găsesc mari carcase devin necrofili oportuniști, dar sunt mai ales vânători foarte abili. Folosesc lănci cu vârfuri întărite în foc și sulițe care depășesc doi metri lungime; cu aceste arme vânează animale mari, inclusiv urși și elefanți.

Pentru a organiza partide de vânătoare serioasă trebuie să ai un proiect, un plan împărtășit cu ceilalți vânători cu forme de comunicare sofisticată și ierarhii bine definite. E nevoie de grupuri care emit urlete și sunete pentru a strânge sălbăticiunile într-un punct prestabilit sau a le împinge spre capcana unde vânătorii mai robuști și curajoși pot ataca sau da lovitura de grație fără să riște prea mult. Probabil că tot clanul lua parte la vânătoare, care era oricum o activitate plină de pericole. Unii membri ai grupului se alegeau adesea cu răni îngrozitoare, evenimente care au fost reconstituite observând multele fracturi găsite în oasele lor. Grupurile se ocupau de îngrijirea și asistența celor răniți, așa cum demonstrează indivizi cu traume evidente care totuși au reușit să ajungă la vârste foarte înaintate pentru epoca aceea; lucru care n-ar fi fost posibil fără ajutorul membrilor mai tineri și fără sprijinul întregii comunități.

Cu o organizare socială atât de articulată, nu e de mirare că neanderthalienii aveau o complexă viață culturală. Descoperirile ne spun lucruri surprinzătoare în această privință: sunt indicii ale faptului că îngropau morții în poziție fetală și îi colorau în roșu; s-au găsit ornamente pictate cu argilă colorată, pene, coliere făcute din dinți de cerb sau gheare de vultur.

Folosirea argilei colorate este deosebit de semnificativă, pentru că roșul e culoarea sângelui și în sânge te naști și mori. Dacă se îngroapă cadavrele în poziție fetală și se vopsesc corpurile în roșu, poate că se imaginează că moartea reprezintă o nouă naștere. Iată un indiciu important. O societate formată din mici grupuri și neîncetat presată de exigențele supraviețuirii dedică timp și energie prețioase pentru a avea grijă de corpul defuncților și a organiza ritualuri de înmormântare. În mod evident, această civilizație consideră important, aproape mai mult decât hrana, universul ei simbolic; într-atât încât să considere esențial acel ansamblu de ritualuri și ceremonii care nutresc și dau substanță viziunii ei despre lume.

Alte descoperiri ar părea să întărească această ipoteză. Într-o grotă adâncă, la sute de metri de intrare, au fost descoperite impunătoare cercuri făcute cu bucăți de stalactită. Cine a împins acele grupuri să parcurgă distanțe atât de lungi, prin meandrele întunecate care pătrund până în viscerele pământului? De ce să faci efortul să rupi și să transporți într-un loc prestabilit pietre grele de zeci de kilograme? Și de ce să consumi energie să le așezi în cerc? În mod evident se dă importanță acelor activități; structurile circulare au o funcție de ritual pe care poate n-o vom cunoaște niciodată, dar care este considerată fundamentală, astfel încât i se dedică timp și efort. Ceva de felul acesta se poate imagina pentru obiecte de dimensiuni mai puțin importante, dar a căror funcție este la fel de uimitoare: oase așchiate cu semne geometrice, un mic flaut de os, unele piese bifaciale tăiate în cristal de rocă sau alte pietre prețioase, niciodată utilizate pentru scopuri practice și poate legate de ceremonii ritualice pierdute.

Îndoielile legate de universul simbolic al neanderthalienilor au dispărut când s-a reușit datarea cu precizie a picturilor rupestre descoperite în Spania. Vreo 12 exemplare găsite în interiorul a trei grote datează din urmă cu 65 000 de ani, cu 20 000 înainte de venirea lui Homo sapiens pe continentul european. Pentru a completa surpriza, în Cueva de los Aviones, o peșteră în sud-estul Spaniei, cercetătorii au găsit multe cochilii marine perforate și decorate, unele având urme de pigmenți roșu, galben și negru care datează din urmă cu 115 000 de ani. Este vorba, poate, de unelte cu care fuseseră preparate culorile pentru a realiza picturile pe pereți, reprezentând grupuri de animale, lănci, figuri geometrice și amprente ale mâinilor, în ocru și negru.

Nu știm exact ce reprezentau pentru ei acele semne, picturi și graffiti de pe pereți. Sunt simboluri, o scară, animale și scene de vânătoare. Sunt trasate cu măiestrie, de mâini sigure. Există tendința ca aceste picturi rupestre ale strămoșilor noștri îndepărtați să fie interpretate în cheie naturalistă. Ca și acelea, minunate, produse de Homo sapiens zeci de mii de ani mai târziu; mă gândesc la grotele din Altamira sau din Lascaux, care datează din urmă cu aproximativ 18 000 de ani. Reprezintă lungi șiruri de animale, câțiva oameni și scene de vânătoare. Dar credem cu adevărat că merită să cobori în peșteri întunecoase, să le luminezi slab cu torțele sau cu focurile aprinse special pentru asta să cauți culori și să le amesteci cu pricepere și apoi să faci exerciții ani la rând ca să pictezi scene de viață cotidiană?

În spatele fiecărei mâini care pictează într-una dintre acele grote este o școală care are la bază multă disciplină și selecții foarte dure. Doar cei mai talentați puteau să se bucure de privilegiul de a fi scutiți, cel puțin parțial, de la munca dificilă pentru supraviețuire ca să fie implicați în aceste activități. Trebuie să ne imaginăm printre Homo sapiens și, înainte, printre neanderthalieni, mari maeștri sau maestre care transmit tehnicile, alegându-i pe cei mai promițători dintre elevi, pe cei cărora să li se încredințeze dovada de cunoștințe tehnice atât de prețioase. Să susții că picturile serveau pentru a explica tinerilor tehnicile de vânătoare ar fi ca și cum ai crede că arătătorul Dumnezeului creator care atinge arătătorul lui Adam în Capela Sixtină este o formă tipică de salut ebraic. În spatele detaliului acelor fresce există un univers simbolic, arhitrava unei întregi societăți care se vrea celebrată și transmisă posterității.

Nu vom descoperi niciodată semnificația pe care neanderthalienii o atribuiau reprezentărilor lor, dar știm că acele opere, în ochii lor, aveau o valoare imensă; ritualurile și ceremoniile care se desfășurau în acele caverne erau considerate de importanță vitală pentru a ține laolaltă acele societăți. Prejudecata că Homo sapiens i-au înlocuit pe neanderthalieni pentru că aveau un limbaj mai bogat, o structură socială mai articulată, un univers simbolic mai dezvoltat s-a dovedit complet greșită.

Apariția gândirii simbolice marchează una dintre etapele fundamentale ale evoluției umane. Astăzi știm despre capacitățile cognitive mai sofisticate pe care această dezvoltare o presupune că nu sunt o prerogativă a lui Homo sapiens, ci au origini mult mai vechi și se dovedesc a fi împărtășite și de neanderthalieni. Poate pentru a-i stabili geneza va fi nevoie să se meargă și mai mult înapoi în timp, concentrând cercetările asupra primilor neanderthalieni sau chiar să se ajungă la strămoșul comun din care și-au avut originea cele două specii.

Sigur este că realizarea marii povești a originilor, atât de strâns legată de procesul care ne-a făcut să devenim umani, își afundă rădăcinile în negura timpurilor.

La început era Thauma

În Theaitetos, Platon îl face pe Socrate să spună: „Într-adevăr, ceea ce simți este propriu întru totul unui filosof — uimirea. Căci nu există alt început pentru filosofie decât acesta...“[6]. Și Aristotel, în fragmentul celebru care deschide prima carte din Metafizica, scrie: „Toți oamenii poartă în fire aspirația de a ști“[7]. Termenul[8], care conține rădăcina thauma, aceeași care apare în taumaturg, a fost adesea tradus cu „uimire“. Filosofia s-ar naște dintr-un amestec de stupoare și curiozitate, în fața a ceva inexplicabil, care ne fascinează și ne depășește. Aristotel scrie explicit că oamenii, pornind de la întrebările cele mai simple, au ajuns să-și pună întrebări legate de fenomene tot mai complexe, până la a-și pune probleme despre Lună, Soare și ceilalți aștri și să se întrebe din ce a fost generat universul întreg.

Senzația de uimire în fața unui cer înstelat este, până și astăzi, o emoție intensă, în care se simte ecoul stuporii antice care a marcat miile de generații care ne-au precedat. Dar poate că acest sentiment nu este suficient ca să înțelegem de unde se naște această urgență profundă, primordială, aproape înnăscută de a căuta un răspuns la marile întrebări.

Tema a fost reluată de Emanuele Severino, care a insistat mult asupra necesității de a traduce thauma cu „uimire amestecată cu neliniște“. În acest mod s-ar recupera semnificația originară a cuvântului și cunoașterea ar acționa ca „antidot la groaza provocată de evenimentul nimicitor care iese din nimic“.

Într-adevăr, termenul este folosit și de Homer, care vorbește de thauma când îl descrie pe Polifem, monstrul cu un singur ochi care îi rupe în bucăți și îi devorează pe tovarășii ghinioniști ai lui Ulise. În acest caz, legătura cu neliniștea, sădită în cuvânt, se dovedește mai evidentă. Vederea miticului Ciclop, acel monstru cu un corp colosal, insuflă totodată stupoare și groază. Uriașul, simbol al forței sălbatice a naturii, suscită uimire prin puterea lui stupefiantă și totodată neliniște prin senzația de irelevanță și vremelnicie pe care o percepem. Forțele descătușate ale naturii, un vulcan în erupție, un uragan teribil ne fascinează și ne sperie, pentru că pot să ne rupă în bucăți și să ne înghită într-o clipă. În această grandioasă reprezentare, rolul pe care îl jucăm noi, mici ființe fragile, încontinuu expuse la suferință și la moarte, este total irelevant.

Iată că povestea, explicația, fie ea mitică sau religioasă, filosofică sau științifică, în timp ce justifică uimirea, în acel precis moment ne consolează și ne încurajează; pune ordine în seria incontrolabilă a evenimentelor și, făcând astfel, ne apără de angoasă și groază. Această poveste, în care toți au un rol și fiecare își joacă partea lui, conferă un sens ciclului grandios al existenței. Suntem consolați pentru că ne simțim protejați și teama noastră de a muri se diminuează. Rămânem conștienți că totul pentru noi se va sfârși, și foarte repede în raport cu marile cicluri temporale de evoluție ale structurilor materiale care ne înconjoară, dar ne liniștește să știm că ansamblul se supune ordinii poveștii.

Timp de milioane de ani, omenirea a trebuit să se confrunte zilnic cu duritatea existenței. De câteva decenii și doar pentru o parte a populației globului, această experiență de extremă fragilitate și totală precaritate s-a diminuat. Dar în adâncul sufletului nostru simțim încă acea neliniște ancestrală. Suntem toți ca Leo, copilul protagonist din Melancholia, care în fața catastrofei inevitabile care este pe cale să lovească Pământul caută protecție și alinare. Are nevoie de cineva care să-i spună: „Nu-ți fie teamă, nu ți se va putea întâmpla nimic“. Va găsi pe acest cineva în mătușa Justine, persoană suferindă, care în viața de zi cu zi era anihilată de o depresie puternică, dar, în momentul pericolului, în timp ce toți cei sănătoși și normali își vor pierde mințile, se va comporta în modul cel mai lucid și va găsi puterea să-și păstreze umanitatea. Micul cort în care se va refugia cu copilul nu-i va adăposti de catastrofă, dar până în clipa dinainte de coliziune, în brațele primitoare ale mătușii, ascultând povestea ei calmă, copilul se va simți în siguranță.

Artă, frumusețe, filosofie, religie, știință, într-un cuvânt cultura, ele reprezintă cortul nostru magic de care avem nevoie cu disperare, încă din vremuri imemoriale. Foarte probabil, s-au născut deodată, sunt forme diferite în care gândirea simbolică s-a articulat. Nu este dificil să-ți imaginezi că ritmuri și asonanțe în cuvinte au facilitat transmiterea mnemonică a poveștii originilor și că, odată cu ea, s-au născut cântul și poezia; că la fel s-a întâmplat cu semne și simboluri reprezentate pe pereți, cu perfecțiunea formală tot mai sofisticată; sau că în ritualurile și ceremoniile care însoțeau momentele de sărbătoare sau de doliu, sunete regulate puteau să însoțească mișcări ritmate ale corpului sau cântul înțeleptului ori al șamanului. Știința este parte din această poveste, nu întâmplător este totodată episteme și techne, cunoaștere și capacitate de a produce unelte, obiecte, aparate.

Nu întâmplător, pentru greci techne, rădăcină a tehnicii, indică și activitatea deopotrivă artizanală și artistică și iată că, atunci când se produc silexuri bifaciale, exigențele tehnice de a avea la dispoziție o unealtă tăioasă și manevrabilă se intersectează cu cele estetice de a-l produce simetric, subțire, perfect echilibrat, într-un cuvânt frumos, ca un obiect de artă.

Aceste exigențe par să constituie ceva imperios pentru toate grupurile umane care au pășit pe Pământ de milenii. Chiar și cel mai pierdut dintre triburile izolate, descoperit din când în când într-o pădure de pe insula Borneo sau în cele amazoniene, a dezvoltat propriile ritualuri, forme specifice de expresie artistică și un univers simbolic propriu, construit în întregime în jurul unei mari povești a originilor. Fără de care nu doar că nu se pot construi marile civilizații, dar nici supraviețuirea celor mai elementare structuri sociale nu este posibilă. În asta constă motivul pentru care toate grupurile umane de pe planeta noastră sunt caracterizate de puternice trăsături culturale.

Puterea imaginației

Cultura, conștiința de sine și a propriilor rădăcini profunde este un fel de superputere care garantează mai mari șanse de supraviețuire chiar și în condiții extreme. Să ne imaginăm pentru o clipă două grupuri sociale primitive, mici clanuri de neanderthalieni care trăiesc izolate unul de altul în Europa glaciară a acelei perioade; și să presupunem că, din întâmplare, unul dintre aceste două grupuri are o viziune proprie asupra lumii, cultivată și transmisă prin ritualuri și ceremonii de generații și poate reprezentată în cavernele în care grupul locuia, în vreme ce grupul celălalt se afla în situația opusă, prin asta înțelegându-se că a evoluat fără să dezvolte vreo formă sofisticată de cultură. Acum să presupunem că o tragedie îngrozitoare lovește ambele grupuri: o aluviune, o perioadă de scădere excesivă a temperaturii sau poate un atac al unor sălbăticiuni feroce care-i extermină pe toți membrii clanului mai puțin pe unul. Singurul supraviețuitor, pentru fiecare dintre cele două grupuri, va trebui să treacă peste nenumăratele pericole, să înfrunte orice formă de privațiune, să se deplaseze în alte zone și eventual să supraviețuiască atacurilor unor grupuri umane ostile. Care dintre cei doi va demonstra mai multă rezistență? Care va avea mai mari șanse să supraviețuiască?

Marea poveste a originilor îți dă puterea să te ridici din nou când ești la pământ, oferă motivații pentru a suporta cea mai cumplită disperare. Agățându-te de ficțiunea care protejează și dă o identitate, găsești puterea să rezisți. Să te plasezi pe tine și propriul clan într-un șir lung de evenimente, care afundă rădăcinile într-un trecut îndepărtat, îți permite să imaginezi un viitor. Cine are această conștiință poate încadra într-un context mai amplu sacrificiile îngrozitoare ale prezentului și, dând un sens suferințelor, este capabil să depășească mai bine tragediile cele mai înfricoșătoare.

Iată de ce suntem încă aici, la mii de generații distanță, dând valoare artei, filosofiei, științei. Pentru că noi suntem moștenitorii acestei selecții naturale. Indivizii și grupurile mai capabile să dezvolte un univers simbolic s-au bucurat de un mare avantaj evolutiv, iar noi suntem descendenții lor.

Puterea simbolului și forța imaginației nu trebuie să uimească. Faptul că suntem animale sociale este ceva mai important și mai profund decât că trăim pur și simplu în grupuri organizate de indivizi.

În ultimii ani s-au lansat în lume proiecte științifice foarte ambițioase pentru studierea funcționării creierului uman. Este vorba de inițiative multidisciplinare, finanțate cu mari resurse, la care lucrează mii de oameni de știință. În multe cazuri, pentru a înțelege în detaliu unele mecanisme de bază, se produc rețele de simulatoare electronice de neuroni și ale interacțiunilor lor. Toate astea sunt foarte utile pentru a înțelege unele dinamici de funcționare, dar care este motivul pentru care aceiași neurologi ne spun, în schimb, că nu ar avea sens să extindem aceste structuri elementare pentru a încerca să producem un creier artificial?

Nu este vorba doar de a depăși mari dificultăți tehnice; cutia noastră craniană găzduiește aproape 90 de miliarde de neuroni capabili, fiecare, să stabilească până la 10 000 de sinapse cu proprii vecini. Chestiunea este mai profundă. Și dacă s-ar reuși construirea unui aparat electronic atât complex, care să reproducă cu precizie structura creierului nostru, acela nu ar fi un creier uman. Tot ar lipsi un ingredient

esențial, mult mai complicat de reprodus în formă electronică. Interacțiunea cu alt creier uman, mediată de limbaj, corp și relații emoționale. Cu alte cuvinte, devii uman în ochii celorlalți, prin intermediul privirii și al schimbului de emoții, interacționând cu alți oameni în relație cu tine în grupul social.

Plasticitatea cerebrală la nou-născut se formează în relație cu lumea mediată de adulții care au grijă de el, începând cu privirea mamei. Copilul, care privește în ochi pe cine îl hrănește, își modifică sinapsele pe baza reacțiilor care se produc în relația lor. Acest lucru, pe care noi îl numim creier uman, se naște din interacțiunea între această plasticitate, capabilă să se adapteze și să se conformeze stimulilor care vin din exterior, și un ansamblu de raporturi care se instaurează cu restul grupului social. Este o relație care se hrănește cu dorințe și speranțe și începe înainte ca embrionul să se fixeze în corpul mamei. Dialoghează cu visele părinților, care precedă nașterea, și se confruntă cu trecutul și cu oamenii care i-au precedat. Se proiectează spre viitor prin fantasmagoriile pe care micul grup social le construiește în jurul figurii noului-venit: bunici sau părinți și cei dragi lor revăd asemănări și refac legături cu povești antice, în care se ivesc din nou vechi temeri și noi așteptări. Niciun aparat electronic nu va putea reproduce toate astea.

Ca dovadă stau experiențele copiilor abandonați, nou-născuți, în locuri sălbatice și crescuți de o haită de animale. Au un creier structural identic cu al celorlalți de vârsta lor, dar care nu a putut deveni pe deplin uman din cauza lipsei unei relații stabilite cu alți oameni. Nicio grijă ulterioară nu va putea umple complet golul care s-a produs în formarea lor.

Când imaginația și povestea sunt cultivate în interiorul grupului, devin instrumente puternice de supraviețuire. Cine ascultă și își imaginează trăiește experiențele altora acumulând cunoaștere. Povestea condensează învățămintele adunate de o lungă serie de generații care ne-au precedat, ne îngăduie să înțelegem și să căpătăm experiență, ne permite să trăim nenumărate vieți. Când îți imaginezi, experimentezi emoții și temeri, suferințe și pericole, iar valorile grupului, regulile care îl protejează și îi sprijină dezvoltarea sunt subliniate și memorate prin intermediul generațiilor.

Imaginația, dezvoltată și încurajată în grupurile sociale mai avansate din punct de vedere cultural, este arma cea mai puternică pe care omenirea a fost capabilă s-o dezvolte. Din imaginație s-a născut știința care, alegând să-și bazeze propriile povești pe verificări experimentale, a trebuit să dezvolte tehnici și viziuni tot mai îndrăznețe. Pentru a explora cotloanele cele mai tainice ale materiei și ale universului, știința a trebuit să depășească orice limită și a transformat povestea originilor într-o călătorie extraordinară.

Făcând asta, știința a trebuit adesea să schimbe paradigmele modului de a gândi al omenirii. A făcut-o de multe ori în istorie, de la Anaximandru la Heisenberg și Einstein, și continuă să o facă. Știința înaintează neîncetat și schimbă modul de a vedea și de a povesti lumea. De fiecare dată când se întâmplă asta, se schimbă totul. Nu doar pentru instrumentele și tehnologiile care apar, dar mai ales pentru că, schimbând paradigmele, se modifică toate relațiile noastre. Când ne uităm la lume cu ochi diferiți, se schimbă cultura noastră, arta, filosofia. Să cunoști și să anticipezi aceste schimbări înseamnă să ai instrumentele pentru a construi o comunitate de oameni mai buni.

De aceea, arta, știința și filosofia sunt încă și astăzi discipline fundamentale, cele care dau consistență faptului că suntem oameni. Această viziune unitară a lumii, care se naște în trecutul nostru cel mai îndepărtat, este și acum instrumentul cel mai potrivit pentru a înfrunta provocările viitorului.

Platon, Theaitetos, Ed. Humanitas, 2013, traducere din limba greacă de Andrei Cornea, p. 82. (N.t.)

Aristotel, Metafizica, Ed. Humanitas, 2007, traducere din limba greacă de Andrei Cornea, p. 55. (N.t.)

În italiană, în original, e vorba de thaumazein. (N.t.)

Epilog. Masacrul din ziua sărbătorii Adormirea Maicii Domnului

Modica, 21 februarie 2018. Val di Noto este plină de bijuterii, dar când ajungi la Modica, mai ales seara, rămâi fermecat: un oraș rupt în două de pintenul Pizzo, dominat de Castello dei Conti; casele spate în spate, acoperind părți de munte în care se deschid încă grote antice și numeroasele biserici baroce care se ivesc pe scări monumentale impunătoare. Modica e o minunăție neașteptată.

Sunt aici să vorbesc despre originea universului la o conferință care va avea loc mâine, dedicată lui Tommaso Campailla, filosof, medic și om de știință. Orașul în care s-a născut, în 1668, a decis să-l comemoreze la 350 de ani de la naștere și inițiativa poartă numele titlului celei mai importante opere a lui: L'Adamo, ovvero il mondo creato.[9] Campailla, rafinat admirator al lui Descartes, care purta o corespondență cu mai marii timpului, astfel că George Berkeley a venit să-l viziteze la Modica, a scris acest poem filosofic ca un compendiu al creației. Mâine, pornind de la asta, se va vorbi despre Biblie și Geneză, despre creație și știință, și au fost invitați, în afară de mine, Shalom Bahbout, rabin-șef al Veneției, și iezuitul și preotul teolog Cesare Geroldi.

În seara asta suntem împreună la cină, oaspeți ai unui restaurant excelent administrat de o familie de origine ebraică, și meniul e riguros cușer. La masă cu noi se află reprezentanții micii comunități ebraice locale, care strâng fonduri pentru a redeschide o sinagogă. La cină cineva amintește de masacrul din ziua sărbătorii Înălțarea Maicii Domnului, un episod îndepărtat al istoriei orașului Modica, care a marcat profund viața comunității străvechi.

Suntem în 1474 și în oraș trăiește de secole o consistentă comunitate ebraică, concentrată aproape în totalitate în cartierul Giudecca. Pentru predica din ziua sărbătorii Adormirea și suirea la cer a Maicii Domnului vine de la Ragusa un dominican faimos, călugărul Giovanni da Pistoia, orator impetuos, care va oficia liturghia în biserica Sfânta Maria din Betleem. De mult timp este în vigoare deja practica predicilor de convertire, cu evreii obligați să urmărească slujba în scopul de a fi determinați să se convertească. S-a întâmplat de multe alte ori și n-au fost niciodată probleme, dar în duminica aia ceva n-a mers bine. În mulțime izbucnește o stare de agitație, au loc incidente foarte grave, sunt morți. O mulțime înarmată cu lănci, cuțite și unelte de lucru îi atacă pe evreii prezenți și în spațiul sacru curge sânge. Când se urlă „Trăiască Maria! Moarte iudeilor!", sunt înjunghiați bărbați, femei și copii, apoi mulțimea se îndreaptă spre Giudecca și casele sunt luate cu asalt. Sunt sute de morți, toate locuințele jefuite și sinagoga, incendiată; evreii sunt vânați zile în șir. Puținii supraviețuitori ai cumplitului pogrom se ascund în grote sau fug în alte orașe, căutând protecție. De atunci, la Modica nu mai există un loc de cult pentru evrei și descendenții acelei mici comunități; după ce au traversat infinite greutăți, inclusiv legi rasiale și deportări, vor să-și reconstruiască sinagoga.

A doua zi, la conferință, iau cuvântul primul și povestesc nașterea universului așa cum este descrisă de știință. Apoi ia cuvântul preotul Cesare Geroldi, iezuit și teolog din Crema, care a trăit mulți ani la Ierusalim și a îngrijit o nouă traducere a cărții Genezei. Preotul Geroldi are un trup impunător, e un mare narator, fermecător și charismatic.

Începutul intervenției lui este fulminant: „Profesorul Tonelli v-a povestit nașterea universului. Ce v-a spus este cea mai precisă descriere a ce s-a întâmplat cu 13,8 miliarde de ani în urmă, un trecut îndepărtat. Eu o să vă povestesc în schimb despre Geneză. O carte care vorbește despre viitor". Și spune că pentru a înțelege cartea Genezei trebuie să pornim de la epoca și de la contextul în care a fost scrisă.

Cărțile, de-acum sunt puține îndoieli, sunt două, scrise în epoci și de mâini diferite și integrate în prima carte a Torei. Specialistul în studiul Bibliei citează multe contradicții ale celor două versiuni; subliniază variațiile de limbaj și de stil, precum și cele două narațiuni diferite ale acelorași evenimente în care nu doar că este diferită seria de întâmplări — plante și animale create înainte sau după om —, dar chiar se schimbă apelativul principalului protagonist: Elohim din prima Geneză devine imposibil de pronunțat Yhwh în a doua.

Dar lucrul cel mai important vine pe urmă, când povestește contextul în care a fost scrisă cea mai importantă dintre cărțile sacre. Suntem în Babilonia, în secolul al VI-lea î.Hr. Nabucodonosor al II-lea, după ce a cucerit Ierusalimul și a distrus Templul, a deportat elita religioasă, socială și intelectuală a poporului evreu. E cea mai teribilă dintre nenorociri și pentru antica religie a lui Avraam și Moise pare că a bătut ultimul ceas. Cei mai orgolioși dintre membrii poporului ales, care au fost umiliți și smulși de pe pământurile lor, se confruntă acum cu puterea nemăsurată a celui care i-a înfrânt, forță care nu este doar materială și militară. Nabucodonosor, rege al universului, reprezintă o civilizație care nu are egali în epocă. Babilon este cel mai mare oraș al lumii și strălucește plin de minunății; învățații lui excelează în toate disciplinele și au adunat pe mii de tăblițe și de papirusuri cunoașterea transmisă de milenii.

Confruntați cu civilizația cuvântului scris, pe care asiro-babilonienii o dezvoltaseră, înțelepții evrei decid

să adune și ei, prima oară într-un text scris, povestea originilor poporului evreu. În momentul celei mai teribile disperări se agață de textul care conține identitatea lor, rădăcinile lor cele mai adânci. Cărții sacre îi încredințează speranța de a trece peste șirul de nenorociri care s-au abătut asupra lor: povestind originea lumii, caută viitorul lor, visează să se întoarcă la Ierusalim și să reconstruiască Templul și civilizația lor glorioasă.

Va fi aceeași reacție pe care o vor cultiva, milenii la rând, generații de familii de evrei supuse celor mai aspre încercări. Agățându-se de Biblie, vor reuși să depășească persecuțiile îngrozitoare. Tot așa va fi și pentru micile grupuri de evrei care au supraviețuit la Modica masacrului din ziua sărbătorii Înălțarea Maicii Domnului.

Din aceste sugestii se naște ideea de a scrie această carte și de a o intitula Geneza. Pentru a îngădui tuturor să-și însușească marea poveste a originilor pe care știința modernă ne-o încredințează, să înțeleagă rădăcinile noastre cele mai adânci și să găsească în ea puncte de pornire cu care să înfrunte viitorul.

„Adam, sau lumea creată“. (N.t.).

Mulțumiri

Mulțumesc tuturor persoanelor care, prin confruntări și discuții, mi-au oferit puncte de pornire pentru această carte: Sergio Marchionne, preotul Cesare Geroldi, rabinul Shalom Bahbout, Remo Bodei, monseniorul Gianantonio Borgonovo, Vito Mancuso, Pippo Lo Manto, Piero Boitani, Sonia Bergamasco și Lucia Tongiorgi.

Mulțumiri deosebite Alessiei Dimitri, fără a cărei convingere neclintită această nouă aventură nu ar fi început.

În fine, mulțumiri speciale Lucianei, nu doar pentru răbdarea cu care a îndurat perioada de muncă imensă pe care redactarea acestei cărți a presupus-o, dar și pentru nenumăratele sugestii, bogatele discuții despre artă și filosofie și atenta lectură a manuscrisului, care au permis aprofundarea și îmbunătățirea multor părți ale textului.

.